

从零开始学

电气控制与PLC技术

PLC WORLD

刘建清 主编
高广海 李凤伟 鲁金 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press



责任编辑: 杨星豪
文字编辑: 李玉昌
责任校对: 钱辉玲
封面设计: 王晓军

xhyang@ndip.cn

xjwang@ndip.cn

从**零**开始学电子技术丛书

从零开始学电路仿真Multisim与电路设计Protel技术

从零开始学电气控制与PLC技术

从零开始学电子测量技术

从零开始学CPLD和Verilog HDL编程技术

从零开始学单片机C语言

从零开始学单片机技术

从零开始学电路基础

从零开始学元器件识别与检测

从零开始学电动机控制与维修

从零开始学模拟电子技术

从零开始学数字电子技术

◎ 上架建议: 电子技术 ◎

<http://www.ndip.cn>

ISBN 7-118-04621-3



9 787118 046212 >

ISBN 7-118-04621-3/TN · 738

定价: 28.00 元

从零开始学电子技术丛书

从零开始学电气控制与 PLC 技术

刘建清 主编

高广海 李凤伟 鲁金 编著

国防工业出版社

• 北京 •

新华书店

内 容 简 介

本书是为使读者从零起步,快速掌握以 PLC(可编程逻辑控制器)为核心的电气控制电路的设计与应用技术而编写的。

本书首先重点介绍了常用低压电器、电动机基本控制电路,并对一些实用电气控制电路进行了简要分析。然后以欧姆龙 CPM1A 系列的 PLC 为例,详细介绍了 PLC 的硬件和指令系统,并遵循从简单到复杂的顺序,列举了 PLC 在不同领域中的典型应用实例;最后,简要介绍了 PLC 的安装维修和通信技术。

本书附赠光盘一张,光盘中包含 CPM1A 操作手册和 CX-Programmer 软件试用版。

本书可供广大工程技术人员、从事工业控制的技术人员、电气技术人员、电气工人以及无线电爱好者阅读,也可作为相关专业的教学参考书使用。

图书在版编目(CIP)数据

从零开始学电气控制与 PLC 技术/刘建清主编;高广海,李凤伟,鲁金编著. —北京:国防工业出版社, 2006. 8

(从零开始学电子技术丛书)

ISBN 7-118-04621-3

I. 从... II. ①刘... ②高... ③李... ④鲁...
III. ①电气控制②可编程序控制器 IV. ①TM921.5
②TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 072975 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京四季青印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 18¼ 字数 413 千字

2006 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—5000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

丛书前言

我们所处的时代是一个知识爆炸的新时代。新产品、新技术层出不穷,电子技术的发展更是日新月异。可以毫不夸张地说,电子技术的应用无处不在,电子技术正在不断地改变着我们的生活,改变着我们的世界。

读者朋友:当你为妙趣横生的电子世界发生兴趣时;当你徘徊于就业的关口,想成为电子产业中的一名员工时;当你跃跃欲试,想成为一名工厂的技术革新能手时;当你面对“无所不能”的“单片机”,梦想成为一名自动化高手时;当你的头脑里冒出那么多的奇思妙想,急于把它们应用于或转化为产品时……都是那么急切地想补充自己有关电子技术方面的知识,这时,你首先想到的是找一套适合自己学习的电子技术图书阅读。《从零开始学电子技术丛书》正是为了满足广大读者特别是电子爱好者的实际需要和零起点入门的阅读要求而编著的。

和其他电子技术类图书相比,本丛书具有以下特点:

内容全面,体系完备。本丛书给出了广大电子爱好者学习电子技术的全方位解决方案,既有初学者必须掌握的电路基础、模拟电路和数字电路等基础理论,又有电子元器件检测、电子测量仪器的使用、电路仿真与设计等操作性较强的内容,还有电气控制与PLC、单片机、CPLD等综合应用方面的知识,因此,本丛书内容翔实,覆盖面广。

通俗易懂,重点突出。传统的电子技术图书和教材在介绍电路基础和模拟电子技术等内容时,大都借助高等数学这一工具进行分析,这就给电子爱好者自学电子技术设置了一道门槛,使大多数电子爱好者失去了学习的热情和兴趣。本丛书在编写时,完全考虑到了初学者的需要,不涉及高等数学方面的公式,尽可能地把复杂的理论通俗化和实用化,将烦琐的公式简易化,再辅以简明的分析及典型的实例,从而形成了本丛书通俗易懂的特点。为了满足不同层次读者的需求,本丛书对难点和扩展知识用“*”进行了标注,初学者可跳过此内容。

实例典型,实践性强。本丛书最大程度地强调了实践性,书中给出的例子大都经过了验证,可以实现,并且具有代表性;本丛书中每本书都配有光盘,光盘中收录了书中的实例、常用软件、实验程序和大量珍贵资料,以方便读者学习和使用。

内容新颖,风格活泼。本丛书所介绍的都是电子爱好者最为关心并且在业界获得普遍认同的内容,本丛书的每一分册都各有侧重,又互相补充,论述时疏密结合,重点突出。对于重点、难点和容易混淆的知识,书中还特别进行了标注和提示。

把握新知,结合实际。电子技术发展日新月异,为适应时代的发展,本丛书还对电子技术的新知识做了详细的介绍;本丛书中涉及的应用实例都是编著者开发经验的提炼和总结,相信一定会给读者带来很大的帮助。在讲述电路基础、模拟和数字电子技术时,还

专门安排了计算机辅助软件的仿真实验,实验过程非常接近实际操作的效果,使电子技术的学习变得更为直观,使学习变得更加生动有趣,这可以加深读者对电路理论知识的认识。

总之,对于需要学习电子技术的电子爱好者而言,选择《从零开始学电子技术丛书》不失为一个好的选择。本丛书一定能给你耳目一新的感觉,当你认真阅读之后将会发现,无论是你所读的书,还是读完书的你,都有所不同。

感谢本丛书的策划者——电子科普领域中的知名专家、中国电子学会高级会员刘午平先生,他与我们共同交流,共同探讨,达成了共识,确立了写作方向,并为本丛书的编排、修改和出版做了大量卓有成效的工作,他以丰富的专业知识和认真、敬业的态度为我们所敬佩;感谢山东持恒开关厂总经理陈培军先生和山东金曼克电气集团设计处总工程师高广海先生,他们对本丛书的编写提出了很多建设性的意见和建议,为本丛书的许多实验提供了强有力的支持与帮助,并参与了部分图书的编写工作;感谢网络,本丛书的许多新知识、新内容都是我们通过网络而获得的,我们在写作过程中遇到的许多疑难问题也大都通过网络得以顺利解决,对于这么多乐于助人、无私奉献的站主和作者们,无法在此一一列举,只能道一声“谢谢了!”感谢众多电子报刊、杂志的编辑和作者,他们为本丛书提供了许多有新意、有实用价值的参考文献,使得这套丛书能够别出心裁、与时俱进;感谢国防工业出版社,能与国内一流的出版社合作,我们感到万分的荣幸;感谢其他对本丛书的出版付出过辛勤工作的人士,没有他们的热心与支持,本丛书不知何时才能与读者见面!

最后,祝愿本丛书的每一位读者在学习电子技术的过程中,扬起风帆,乘风破浪!

丛书编者



前 言

随着我国工农业生产的迅速发展,各种各样的电气设备也随之增加。在生产实践中,广大从事电气技术的工程技术人员包括工人都要接触到各种各样的电气控制电路,因此,掌握电气控制电路的原理与使用已成为每一位电气工程技术人员必备素质。

可编程控制器(PLC)是在电气控制技术、计算机技术和通信技术的基础上开发出来的,现已广泛应用于工业控制各个领域,在就业竞争日趋激烈的今天,掌握 PLC 的设计和应用是从事工业控制技术人员必须掌握的一门专业技术。

按照结构清晰,层次分明的原则,本书可分为以下几部分。

第一部分为电气控制篇。主要包括本书的第一章~第三章。重点介绍了常用低压电器、电动机基本控制电路,并对日常生产中的一些实用电气控制电路进行了简要分析。

第二部分为 PLC 技术篇。主要包括本书的第四章~第九章。PLC 的学习比一般编程学习困难的地方就在于,要完成一个控制系统不仅需要掌握一定的编程技术,更为重要的是要知道如何针对实际应用的需要合理地选择 PLC 的型号,然后进行资源配置,并以此为基础,设计控制系统。以此为目的,本部分内容以欧姆龙 CPM1A 系列 PLC 为例,首先介绍了 PLC 的硬件和指令系统,然后遵循从简单到复杂的顺序,列举了 PLC 在不同领域中的典型应用实例;最后,简要介绍了 PLC 的安装维修和通信技术。

本书附赠光盘一张,光盘中包含 CPM1A 操作手册和 CX-Programmer 软件试用版。

由于时间仓促,书中错漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

作者

2006 年 6 月



目 录

第一章 常用低压电器.....	1
第一节 低压电器的分类.....	1
第二节 刀开关、转换开关和自动空气开关	1
一、刀开关	1
二、转换开关	4
三、自动空气开关	5
第三节 低压熔断器.....	7
一、熔断器结构及电流—熔断时间特性	7
二、熔断器的技术参数	8
三、常用熔断器	8
第四节 主令电器	11
一、按钮.....	11
二、位置开关.....	12
第五节 接触器	13
一、交流接触器.....	14
二、直流接触器.....	16
第六节 继电器	17
一、电磁式继电器.....	17
二、时间继电器.....	20
三、热继电器.....	22
四、速度继电器.....	24
五、压力继电器.....	25
六、温度继电器.....	26
第七节 其他常用低压电器	26
一、电磁铁.....	26
二、常用起动器.....	27
三、频敏变阻器.....	29
第八节 典型低压电器故障检修	30
一、低压开关的维修.....	30
二、接触器的维修.....	31
三、继电器的维修.....	32
四、熔断器的维修.....	33
五、按钮的维修.....	33
第二章 电动机基本控制电路	34

第一节 三相异步电动机的起动控制	34
一、鼠笼异步电动机直接起动控制.....	34
二、鼠笼异步电动机降压起动控制.....	37
三、绕线式异步电动机起动控制.....	41
第二节 三相异步电动机的正反转控制	43
一、手动正反转控制.....	43
二、接触器互锁的正反转控制.....	44
三、按钮互锁正反转控制.....	45
四、接触器按钮双重互锁正反转控制.....	46
第三节 三相异步电动机的制动控制	47
一、机械制动控制.....	47
二、电气制动控制.....	49
第四节 三相异步电动机的行程控制	51
一、自动循环运行控制线路.....	51
二、自动延时往复运动控制线路.....	53
第五节 三相异步电动机多地控制和顺序控制	54
一、多地控制线路.....	54
二、顺序控制线路.....	55
第六节 变极多速异步电动机的控制	58
一、双速异步电动机的控制.....	59
二、三速电动机的控制.....	61
第七节 三相异步电动机的自起动控制	62
一、短时间停电后来电的电动机自起动.....	62
二、短时间停电后来电多台电动机分批自起动.....	63
三、长时间停电后来电再起动电路.....	64
第八节 电动机控制系统的保护	65
一、电流型保护.....	65
二、电压型保护.....	67
三、断相保护.....	68
四、温度保护.....	69
五、漏电保护.....	69
六、电动机常用保护电路分析.....	70
第九节 电气设备的维修	72
一、电气设备的维护保养.....	72
二、电气故障的检修方法.....	73
三、电气故障的检修步骤.....	77
第三章 实用电气控制线路分析	79
第一节 普通车床的控制线路	79
一、主电路分析.....	80

二、控制电路分析.....	80
三、照明电路分析.....	80
四、常见故障分析.....	81
第二节 平面磨床的控制线路	81
一、主电路分析.....	82
二、控制电路分析.....	82
三、电磁吸盘充磁、去磁控制电路	82
四、常见故障分析.....	84
第三节 摇臂钻床的控制线路	85
一、主电路分析.....	85
二、控制电路分析.....	85
三、常见故障分析.....	88
第四节 万能铣床的控制线路	89
一、主电路分析.....	90
二、控制电路分析.....	90
三、照明电路分析.....	94
四、常见故障分析.....	94
第五节 牛头刨床的控制线路	95
一、主电路分析.....	95
二、控制电路分析.....	95
三、照明电路分析.....	96
四、常见故障分析.....	96
第六节 混凝土搅拌机的控制线路	96
一、主电路分析.....	96
二、控制电路分析.....	97
三、常见故障分析.....	97
第四章 可编程控制器基本知识	98
第一节 可编程控制器概述	98
一、PLC 的发展	98
二、PLC 的未来	99
三、PLC 的定义	100
四、PLC 的特点	100
五、PLC 的分类	101
六、PLC 与其他顺序逻辑控制系统的比较	102
七、PLC 的应用范围	105
第二节 可编程控制器的基本组成.....	105
一、中央处理单元	106
二、存储器	106
三、输入/输出接口.....	107

四、电源	108
五、底板或机架	108
六、PLC 的外部设备	108
七、PLC 的通信联网	108
第三节 可编程控制器的编程语言和性能指标	109
一、PLC 的编程语言	109
二、PLC 的性能指标	113
第四节 可编程控制器的基本工作原理	114
一、PLC 的工作方式	114
二、扫描周期	116
第五节 欧姆龙 CPM1A 小型 PLC 简介	116
一、CPM1A 系列 PLC 的特点和规格	117
二、CPM1A 系列 PLC 的外型结构	118
三、I/O 扩展单元	120
四、特殊功能单元	120
五、CPM1A 系列 PLC 内部资源分配	120
第五章 CPM1A 系列 PLC 的指令系统	130
第一节 指令系统概述	130
一、指令的分类	130
二、指令的格式	130
三、指令的形式	131
第二节 CPM1A 系列 PLC 基本指令	131
一、LD 和 LD NOT 指令	131
二、OUT 和 OUT NOT 指令	131
三、AND 和 AND NOT 指令	132
四、OR 和 OR NOT 指令	132
五、AND LD 指令	133
六、OR LD 指令	134
七、置位指令 SET 和复位指令 RESET	136
八、保持指令 KEEP	137
九、上升沿微分指令 DIFU 和下降沿微分指令 DIFD	138
十、空操作指令 NOP	139
十一、结束指令 END	139
第三节 怎样读、绘制梯形图	139
一、如何读梯形图	139
二、如何绘制梯形图	140
第四节 CPM1A 系列 PLC 应用指令	142
一、分支和分支结束指令 IL/ILC	142
二、暂存继电器 TR	144

三、跳转和跳转结束指令 JMP/JME	146
四、定时器/计数器指令	148
五、数据比较指令	152
六、数据传送指令	154
七、数据移位指令	155
八、数据转换指令	160
九、子程序控制指令	165
十、中断控制指令	167
第六章 CPM1A 系列 PLC 编程器和编程软件	175
第一节 CQM1-PRO01 编程器	175
一、CQM1-PRO01 编程器面板介绍	175
二、CQM1-PRO01 编程器的使用	177
第二节 CX-P 编程软件	187
一、CX-P 编程软件简介	188
二、CX-P 编程软件的使用	188
三、CX-P 编程	195
第七章 CPM1A 可编程控制器设计与应用	204
第一节 可编程控制器应用设计概述	204
一、PLC 控制系统设计步骤	204
二、PLC 控制系统的硬件设计	205
三、PLC 控制系统的软件设计	208
第二节 可编程控制器基本设计方法	209
一、逻辑设计法	209
二、替代设计法	210
三、程序流程图设计法	213
四、经验设计法	215
五、功能模块设计法	219
六、时序图设计法	219
第三节 CPM1A 系列可编程控制器的应用	222
一、电动机基本控制电路	222
二、常用基本控制电路	232
三、简单应用电路	237
四、机械手控制电路	242
第八章 可编程控制器的安装与维护	250
第一节 可编程控制器的安装	250
一、安装环境	250
二、PLC 的安装	250
三、PLC 的配线	251
第二节 可编程控制器的抗干扰技术	256

一、电磁干扰源及对系统的干扰	256
二、PLC 控制系统工程应用的抗干扰设计	258
三、主要抗干扰措施	258
第三节 可编程控制器的维护	262
一、PLC 系统的试运转	262
二、PLC 系统的自诊断功能	263
三、故障诊断步骤	263
四、系统的维护	263
第九章 可编程控制器通信网络简介	265
第一节 通信网络基本知识	265
一、数据通信基本知识	265
二、网络基本知识	269
三、通信网络传送媒质	270
四、串行通信总线标准接口	271
第二节 欧姆龙 PLC 通信系统简介	275
一、HOST Link 通信	275
二、NT Link 通信	277
三、1 : 1 PLC Link 通信	277
四、CompoBus/S I/O 链接通信	277
参考文献	279



第一章 常用低压电器

电器是所有电工器件的简称。凡是用来接通和断开电路,以达到控制、调节、转换和保护目的的电工器件都称为电器。低压电器是指工作在直流 1200V、交流 1000V 以下的各种电器,按动作方式可分为手动电器和自动电器两种。低压电器是电力拖动自动控制系统的基本组成元件,控制系统的优劣与所用低压电器直接相关。本章介绍低压开关、接触器、继电器、熔断器等常用低压电器的使用和结构原理。

第一节 低压电器的分类

低压电器种类繁多,用途极其广泛,其分类方法有很多种。

按动作性质可分为自动电器和手动电器。自动电器是按照信号或某个物理量的变化而自动动作的电器,如继电器、接触器、自动空气开关等。手动电器是通过人力操作而动作的电器,如刀开关、组合开关、按钮等。

按职能可分为控制电器和保护电器。控制电器用来控制电器的接通、分断及电动机的各种运行状态,如按钮、接触器等。保护电器是用来实现某种保护功能,如熔断器、热继电器等。事实上不少电器既可用作控制电器,也可用作保护电器,它们之间并无明显的界限。

按普通与特殊用途可分为一般用途低压电器、矿用低压电器和船用低压电器等。

按开关功能可分为开关电器和非开关电器。开关电器用于接通或分断电路;非开关电器用于调节与限制电流,将电转换为热、光、磁能等,如电阻器、变阻器和电磁铁等。

按有无触点可分为有触点电器和无触点电器。

第二节 刀开关、转换开关和自动空气开关

刀开关和转换开关都是手动操作的低压电器,一般用于接通和分断低压配电电源和用电设备,也常用来直接起动小容量的异步电动机。自动空气开关不仅接通和断开电路,而且当电路发生过载、短路或失压等故障时,能自动跳闸,切断故障电路。

一、刀开关

刀开关又名闸刀开关,主要由操作手柄、触刀、静插座和绝缘底板组成,依靠手动进行触刀插入插座与脱离插座的控制。为保证刀开关合闸时触刀与插座有良好的接触,触刀与插座之间应有一定的接触应力。

刀开关的种类很多。按刀的极数可分为单极、双极和三极;按刀的转换方向可分为单

掷和双掷;按操作方式可分为直接手柄操作式和远距离连杆操纵式;按灭弧情况可分为有灭弧罩和无灭弧罩;按封装方式可分为开启式和封闭式。

1. 开启式负荷开关

开启式负荷开关又称瓷底胶盖刀开关。图 1-1 为 HK 系列负荷开关结构图。

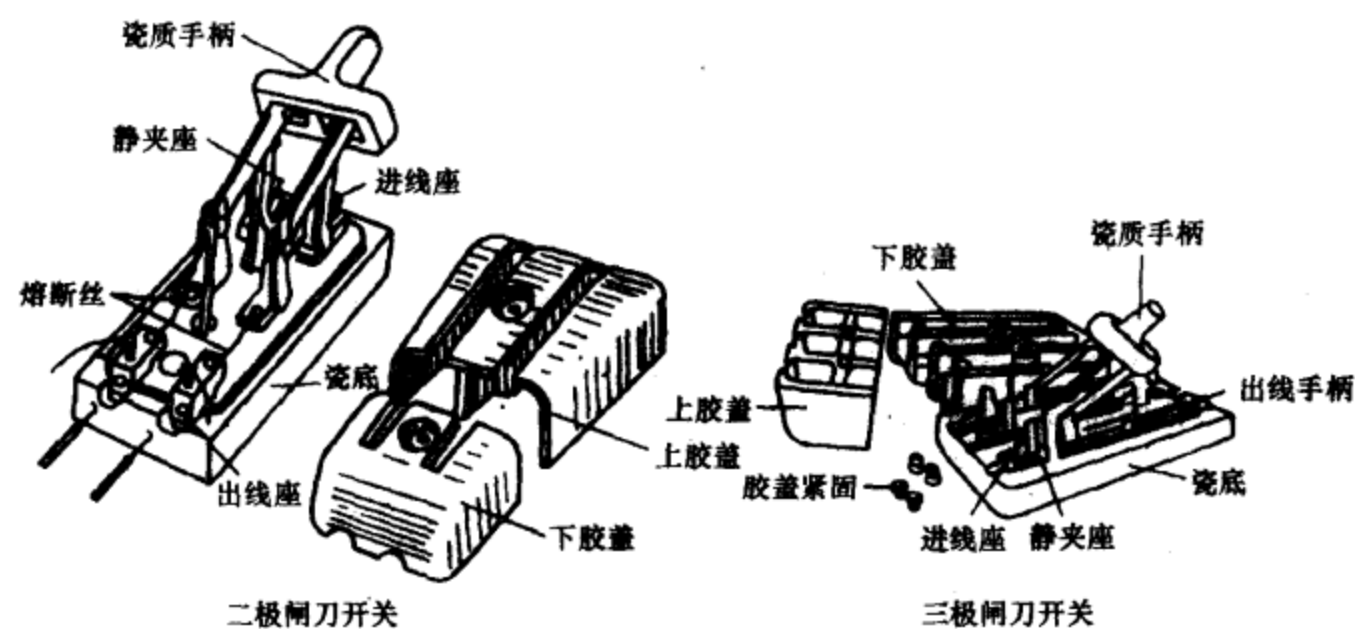


图 1-1 HK 系列负荷开关

HK 系列开关是由刀开关和熔断丝组合而成的一种电器,装置在一块瓷底板上,上面覆盖胶盖以保证用电安全,结构简单,操作方便,熔断丝动作后,只要更换新熔断丝仍可继续使用,运行安全可靠。HK 系列开关的型号意义如图 1-2 所示。

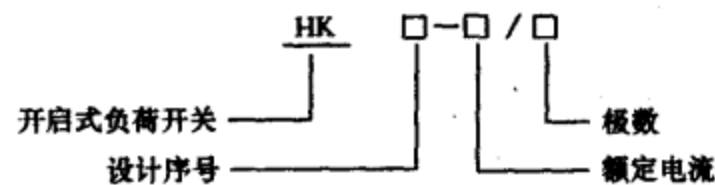


图 1-2 HK 系列开关的型号意义

HK 系列开启式负荷开关适用于交流 50Hz,单相 220V 或三相 380V,额定电流 10A~100A 的电路中。由于结构简单,价格低廉,常用作照明电路的电源开关,也可用来控制 5.5kW 以下异步电动机的起动和停止。但这种开关没有专门的灭弧装置,不宜于频繁地分、合电路。使用时要垂直地安装在开关板上,并使进线孔在上方,这样才能保证更换熔断丝时不发生触电事故。

刀开关在电路中的符号如图 1-3 所示。

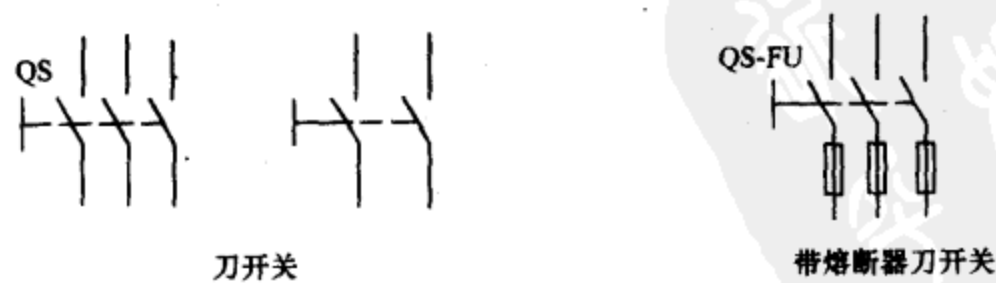


图 1-3 刀开关在电路中的符号

常用的 HK 系列负荷开关的主要技术数据见表 1-1。

表 1-1 常用的 HK 系列负荷开关的主要技术数据

型号	极数	额定电压 /V	额定电流 /A	可控电动机功率/kW		配用熔断丝直径 /mm
				220V	380V	
HK1—15/2	2	220	15	1.5		1.45~1.59
HK1—30/2	2	220	30	3.0		2.30~2.52
HK1—60/2	2	220	60	4.5		3.36~4.00
HK1—15/3	3	380	15		2.2	1.45~1.59
HK1—30/3	3	380	30		4.0	2.30~2.52
HK1—60/3	3	380	60		5.5	3.36~4.00
HK2—10/2	2	250	10	1.1		0.25
HK2—15/2	2	250	15	1.5		0.41
HK2—30/2	2	250	30	3.0		0.56
HK2—10/3	3	380	10		2.2	0.45
HK2—15/3	3	380	15		4.0	0.71
HK2—30/3	3	380	30		5.5	1.12

2. 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关由触刀、熔断器、操作机构和铁外壳等构成。由于整个开关装于铁壳内,又称铁壳开关。铁壳开关的灭弧性能、操作及通断负载的能力和安全防护性能都优于 HK 系列瓷底胶盖刀开关,但其价格较 HK 系列瓷底胶盖刀开关贵。图 1-4 为常用 HH 系列铁壳开关的结构与外形。

HH 系列铁壳开关主要由 U 形开关触片、静夹座、瓷插式熔断器、速断弹簧、转轴、操作手柄、开关盖等组成。铁壳开关的操作机械与 HK 系列瓷底胶盖刀开关比较有两个特点:其一是采用了弹簧储能分合闸方式,其分合闸的速度与手柄的操作速度无关,从而提高了开关通断负载的能力,降低了触头系统的电气磨损,同时又延长了开关的使用寿命;其二是设有连锁装置,保证开关在合闸状态开关盖不能开启,开关盖开启时又不能合闸。连锁装置的采用既有利于充分发挥外壳的防护作用,又保证了更换熔断丝时不因误操作合闸而产生触电事故。HH 系列铁壳开关型号意义如图 1-5 所示。

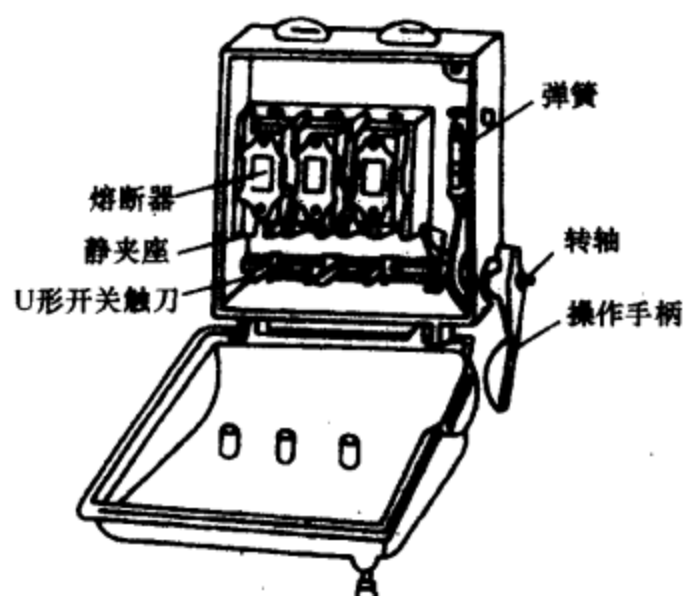


图 1-4 常用 HH 系列铁壳开关的结构与外形

HH 系列铁壳开关适合于作为机床的电源开关和直接起动与停止 15kW 以下电动机的控制,同时还可作为工矿企业电气装置、农村电力排灌及电热照明等各种配电设备的开关及短路保护之用。

HH 系列封闭式负荷开关的主要技术数据见表 1-2。

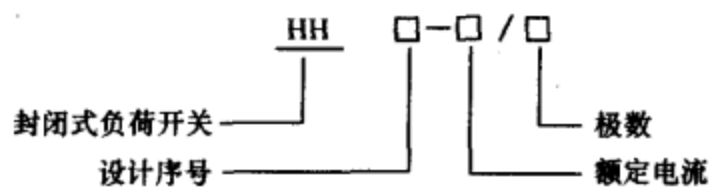


图 1-5 HH 系列铁壳开关型号意义

表 1-2 HH 系列封闭式负荷开关的主要技术数据

型号	极数	额定电压 /V	额定电流 /A	可控电动机功率 /kW	熔体	
					材料	直径/mm
HH3—15/2	2	220	15	2.2	保险丝(铅合金)	1.03~1.98
HH3—30/2	2	220	30	5.0	紫铜丝	0.61~0.80
HH3—60/2	2	220	60	11.0	紫铜丝	0.92~1.20
HH3—15/3	3	380	15	2.2	保险丝(铅合金)	1.03~1.98
HH3—30/3	3	380	30	5.0	紫铜丝	0.61~0.80
HH3—60/3	3	380	60	11.0	紫铜丝	0.92~1.20

二、转换开关

转换开关又称组合开关,转换开关由分别装在多层绝缘件内的动、静触片组成。动触片装在附有手柄的绝缘方轴上,手柄沿任一方向每转动一定角度,触片便轮流接通或分断。为了使开关在切断电路时能迅速灭弧,在开关转轴上装有扭簧储能机构,使开关能快速接通与断开。图 1-6 为 HZ 系列转换开关的外形图。

常用的 HZ 系列组合开关型号意义如图 1-7 所示。

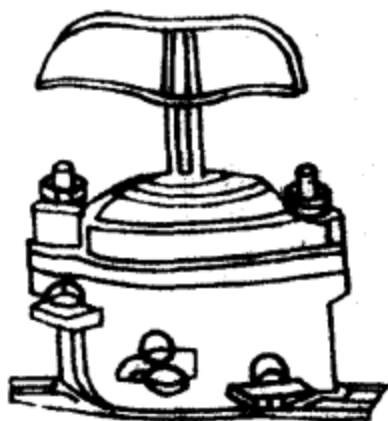


图 1-6 HZ 系列转换开关的外形图

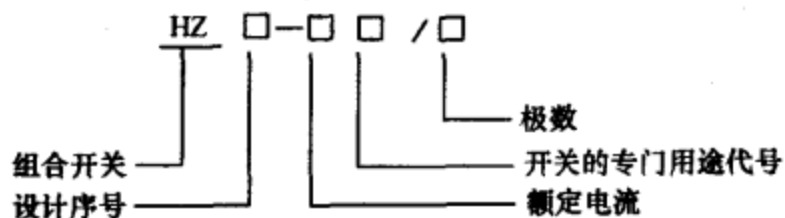


图 1-7 HZ 系列组合开关型号意义

应用较多的组合开关有 HZ10 系列无限位型组合开关和 HZ3 系列有限位型组合开关。

1. HZ10 系列组合开关

HZ10 系列组合开关为无限位型组合开关的代表型号。它可以在 360°范围内旋转,每旋转一次,手柄位置在空中改变 90°,它可无定位及无方向限制转动。它是由数层动、静触点分别组装于绝缘胶木盒内,动触点装于附有手柄的转轴上,随转轴旋转位置的改变而改变动、静触点的通断。由于它采用了扭簧储能机构,故开关能快速分断及闭合,而与操作手柄的速度无关。图 1-8 为 HZ10 系列组合开关在电路中的符号。

HZ10 系列组合开关主要用于中、小型机床的电源隔离开关,控制线路的切换、小型直流电动机的励磁、磁性工作台的退磁等,还可直接用于控制功率为 5.5kW 以下的电动机的起动及停止。

2. HZ3 系列组合开关

HZ3 系列组合开关为有限位型组合开关的代表型号。HZ3 系列组合开关又称为倒顺开关或可逆转换开关,它只能在“倒”、“顺”、“停”三个位置上转动,其转动范围为 90° 。从“停”挡扳至“倒”挡转向为 45° ,从“停”挡扳至“顺”挡亦为 45° 。当作为电动机正、反转控制时,将手柄扳至“顺”挡位置,在电路上接通电动机的正转电源,电动机正转;当电动机需要反转时,将手柄扳至“倒”挡位置,HZ3 系列组合开关在内部将两组触点互相调换,使电动机通入反转电源,电动机得电反转。图 1-9 为 HZ3 系列组合开关在电路中的符号。

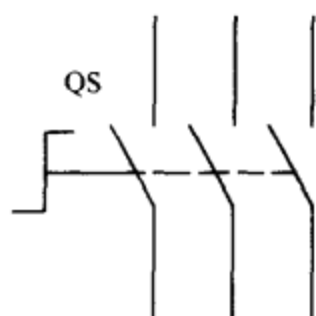


图 1-8 HZ10 系列组合开关在电路中的符号

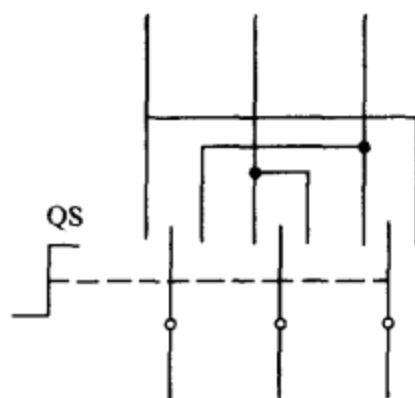


图 1-9 HZ3 系列组合开关在电路中的符号

HZ3 系列组合开关主要用于小型异步电动机的正、反转控制及双速异步电动机变速的控制。

三、自动空气开关

自动空气开关又叫自动空气断路器,它在现代的电气控制中被广泛作为电源的引入开关及电动机起动、停止的控制开关。自动空气开关适用于交流 50Hz 或 60Hz,电压至 500V(直流电压 440V 以下)的电路,当电路中发生超过允许极限的过载、短路及失压时,电路自动分断。在正常条件下作为电路的不频繁接通和分断。

常用的自动空气开关有 DZ5 系列、DZ10 系列和 DZ20 系列。DZ20 系列自动空气开关的外形及结构如图 1-10 所示。

DZ20 型自动开关其结构采用立体布置,操作机构在中间,外壳顶部突出红色分闸按钮和绿色合闸按钮,通过储能弹簧连同杠杆机构实现开关的接通和分断;壳内底座上部为热脱扣器,由热元件和双金属片构成,用做过载保护,还有一电流调节盘,用以调节整定电流;下部为电磁脱扣器,由电流线圈和铁芯组成,做短路保护用;主触头系统在操作机构的下面,由动触头和静触头组成,用以接通和分断主电路的大电流并采用栅片灭弧;另外,还有常开和常闭辅助触头各一对,可作为信号指示或控制电路用;主、辅触头接线柱伸出壳外,便于接线。自动开关与刀开关相比,结构紧凑,安装方便,操作安全,而且在进行短路保护时,由于用电磁脱扣器将电源同时切断,避免了电动机缺相运行的可能性。另外,自动开关的脱扣器可以重复使用,不必更换。

自动空气开关的工作原理如图 1-11 所示。

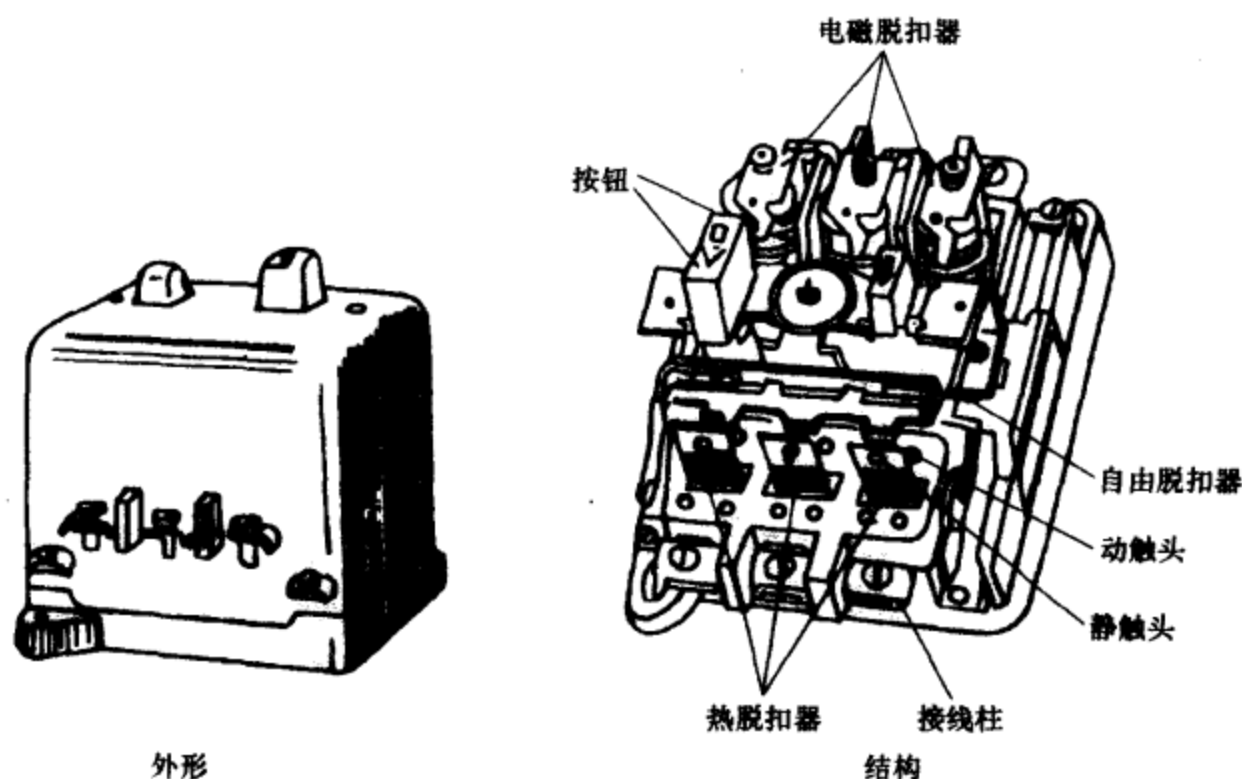


图 1-10 DZ20 自动空气开关的外形及结构

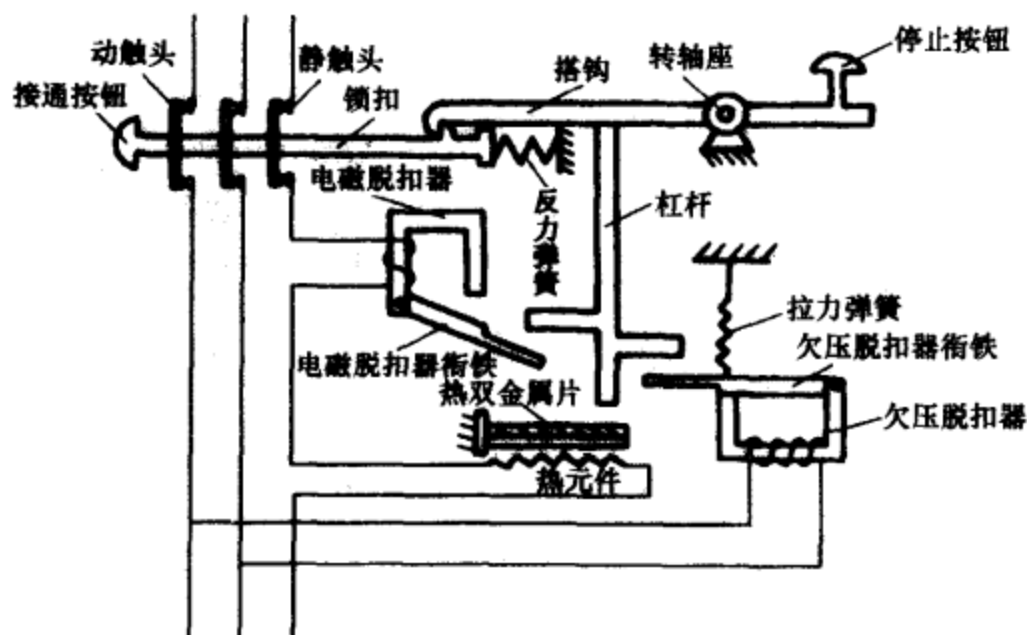


图 1-11 自动空气开关工作原理示意图

自动空气开关的三副主触头串联在被控制的三相电路中,当按下接通按钮时,外力使锁扣克服反力弹簧的斥力,将固定在锁扣上面的动触头与静触头闭合,并由锁扣锁住搭钩,使开关处于接通状态。正常分断电路时,按下停止按钮即可。

自动开关的自动分断,是由电磁脱扣器、欠压脱扣器和热脱扣器使搭钩被杠杆顶开而完成的。

电磁脱扣器的线圈和主电路串联,当线路正常时,所产生的电磁吸力不能将衔铁吸合,只有当电路发生短路或产生很大的过电流时,其电磁吸力才能将衔铁吸合,撞击杠杆,顶开搭钩,使触头断开,从而将电路分断。

欠压脱扣器和线圈并联在主电路上,当线路电压正常时,欠压脱扣器产生的电磁吸力能够克服弹簧的拉力而将衔铁吸合,如果线路电压降到某一值以下,电磁吸力小于弹簧的拉力,衔铁被弹簧拉开,衔铁撞击杠杆使搭钩顶开,则触头分断电路。

当线路发生一般性过载时,过载电流是不能使电磁脱扣器动作,但能使热元件产生一定的热量,促使双金属片受热向上弯曲,推动杠杆使搭钩与锁扣脱开将主触头分断。

自动空气开关的型号意义如图 1-12 所示。

自动空气开关的电路符号如图 1-13 所示。

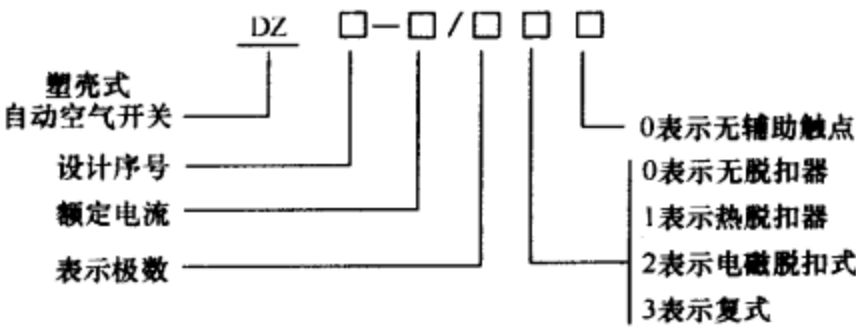


图 1-12 自动空气开关的型号意义

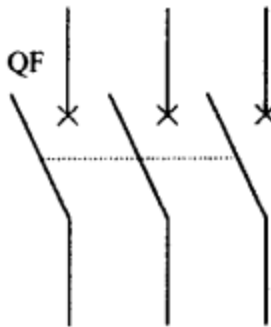


图 1-13 自动空气开关的电路符号

第三节 低压熔断器

低压熔断器是低压线路及电动机控制电路中主要起短路保护作用的元件。它串联在线路中,当线路或电气设备发生短路或过载时,通过熔断器的电流超过规定值一定时间后,以其自身产生的热量使熔体熔化而自动分断电路,使线路或电气设备脱离电源,起到保护作用。

一、熔断器结构及电流—熔断时间特性

熔断器主要由熔体、安装熔体的熔管和熔座三部分组成。每个熔断体都有一个额定电流值 I_N ,熔体允许长期通过额定电流而不熔断。熔断器的电流—熔断时间特性曲线亦是保护特性曲线,是表征流过熔体的电流与熔体的熔断时间的关系,如图 1-14 所示。

曲线说明了熔体的熔断时间随着电流的增大而缩短,是反时限特性。熔断器的熔断电流与熔断时间的关系见表 1-3。

表 1-3 熔断器的熔断电流与熔断时间的关系

熔断电流	$1.25 I_N$	$1.6 I_N$	$2 I_N$	$2.5 I_N$	$3 I_N$	$4 I_N$
熔断时间	∞	1h	40s	8s	4.5s	2.5s

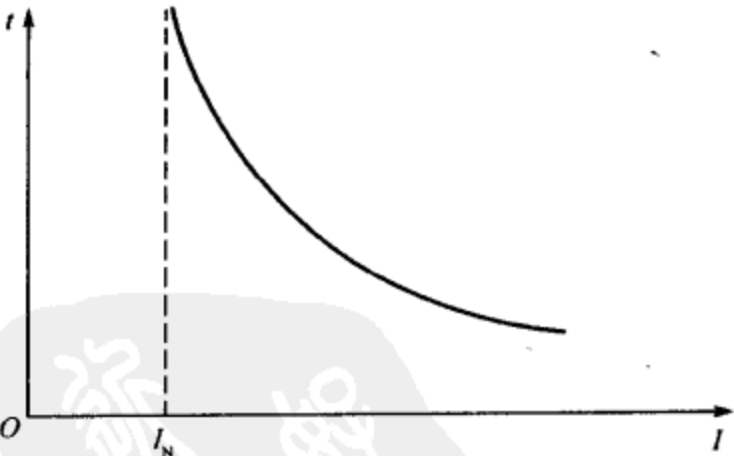


图 1-14 熔断器的电流—熔断时间特性曲线

从表中可以看出,熔断器是短路保护的理想元件,但不宜作为电动机的过载保护,因为交流异步电动机的起动电流很大,约为电动机额定电流的 4 倍~7 倍,要使熔体不在电动机起动时熔断,选用的熔体额定电流必须比电动机额定电流大很多,这样,电动机在运行中过载时,熔断器就不能起过载保护作用。

二、熔断器的技术参数

1. 额定电压

额定电压是从灭弧的角度出发,规定保证熔断器能长期正常工作的电压。

2. 额定电流

额定电流是指保证熔断器能长期正常工作的电流。应该注意的是熔断器的额定电流应大于或等于所装熔体的额定电流。

3. 极限分断电流

极限分断电流是指熔断器在额定电压下所能断开的最大短路电流。

熔断器的型号意义如图 1-15 所示。

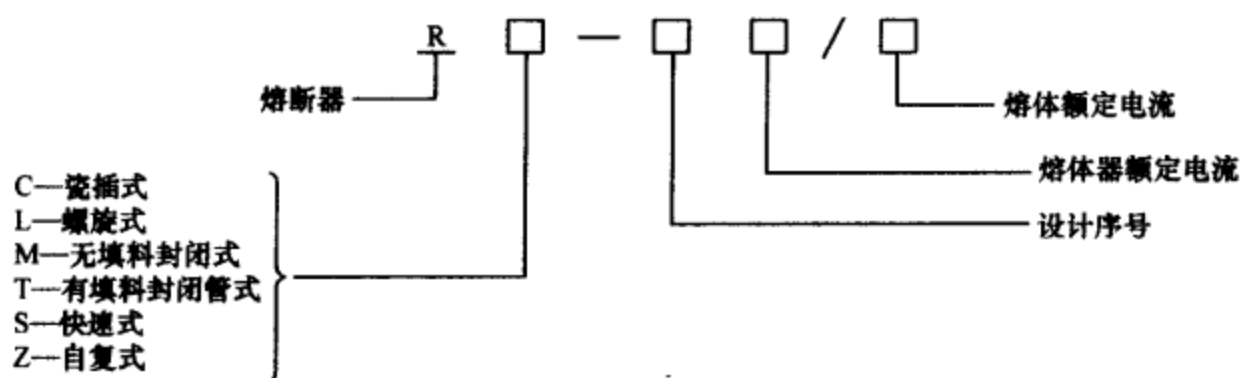


图 1-15 熔断器的型号意义

熔断器的电路符号如图 1-16 所示。

重点提示 选用熔断丝可根据电路的情况而定。

(1) 照明、电热等电路中,熔断丝额定电流 \geq 负载的额定电流。

(2) 电动机的熔断丝,为防止电动机起动时电流较大将熔断丝烧断,熔断丝不能按电动机额定电流来选择,一般为

$$\text{熔断丝额定电流} \geq \frac{\text{电动机起动电流}}{2 \sim 5}$$

若电动机起动频繁,则为

$$\text{熔断丝额定电流} \geq \frac{\text{电动机起动电流}}{1.6 \sim 2}$$

(3) 几台电动机合用的总熔断丝,一般可粗略计算:

熔断丝额定电流 $= (1.5 \sim 2.5) \times \text{容量最大的电动机的额定电流} + \text{其余电动机的额定电流之和}$

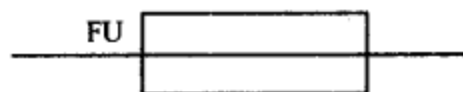


图 1-16 熔断器的电路符号

三、常用熔断器

1. RC1A 系列瓷插式熔断器

图 1-17 为其外形结构图。它是一种最常见的结构简单的熔断器,更换方便,价格低廉。一般在交流 50Hz,额定电压到 380V,额定电流 200A 以下的低压线路末端或分支电路中,作为电气设备的短路保护及一定程度上的过载保护之用。

2. RL1 系列螺旋式熔断器

RL1 型螺旋式熔断器属有填料封闭管式。外形结构如图 1-18 所示。熔体内装有熔

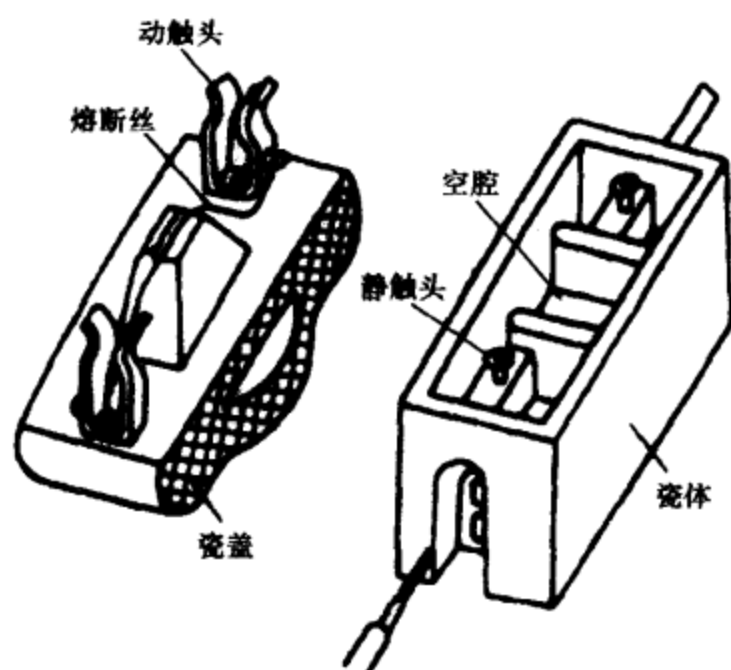


图 1-17 RC1A 系列瓷插式熔断器

断丝和石英砂(石英砂作为熄灭电弧用)。同时还有熔体熔断的信号指示装置,熔体熔断后,带色标的指示头弹出,便于发现更换。

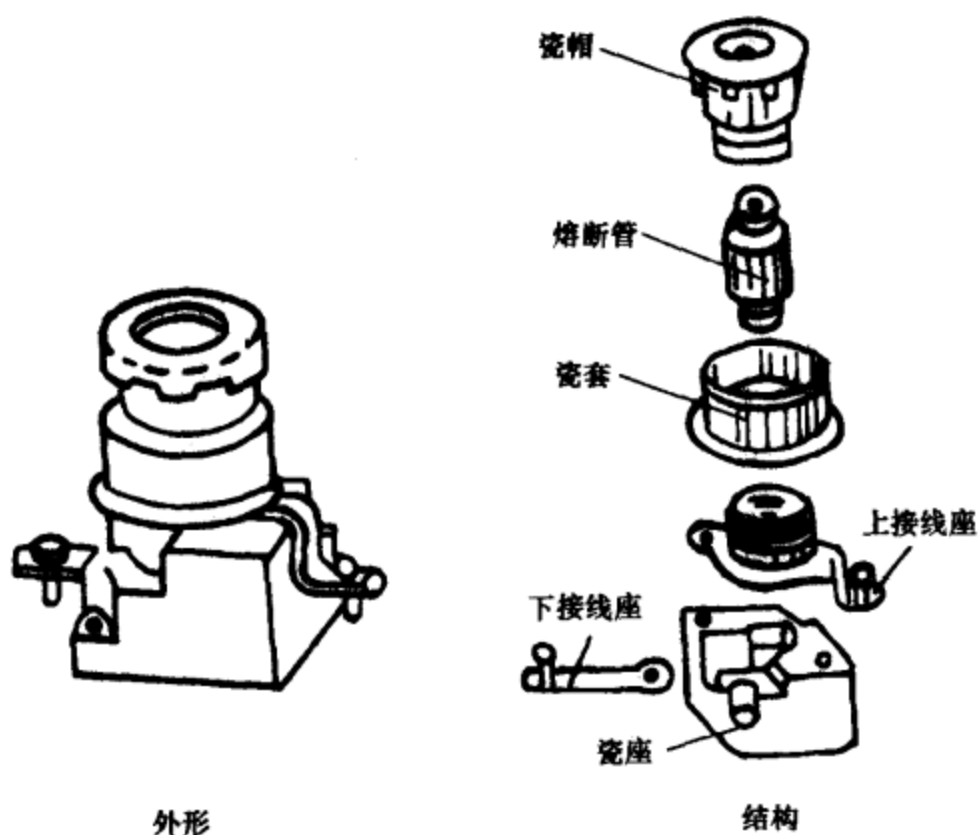


图 1-18 RL1 系列螺旋式熔断器

3. RTO 系列有填料封闭式熔断器

这是一种大分断能力的熔断器,广泛用于短路电流很大的电力网络或低压配电装置中,外形及结构如图 1-19 所示。它制造工艺复杂、性能较好,有很多优点,如限流较好,能使短路电流在第一半波峰值以前分断电路;断流能力强,使用安全,分断规定的短路电流时,无声、光现象,并有醒目的熔断标记,附有活动的绝缘手柄,可在带电情况下调换熔体。

4. RM10 无填料封闭管式熔断器

RM10 无填料封闭管式熔断器由熔管、熔体和插座组成。熔体被封闭在不充填料的熔管内,其外形与结构如图 1-20 所示。15A 以上熔断器的熔管由钢纸管(又称反白管)、

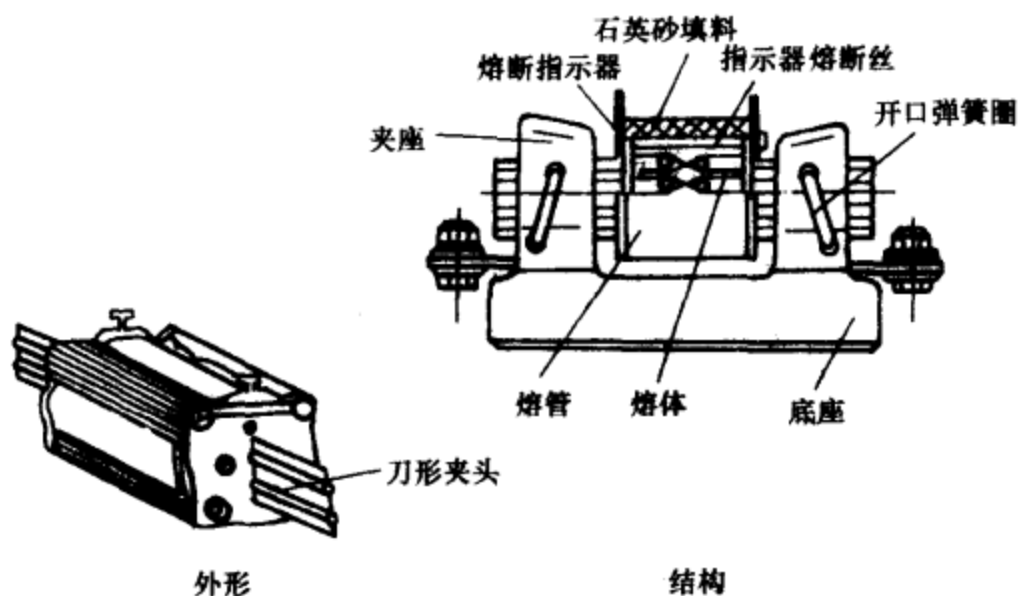


图 1-19 RTO 系列有填料封闭式熔断器

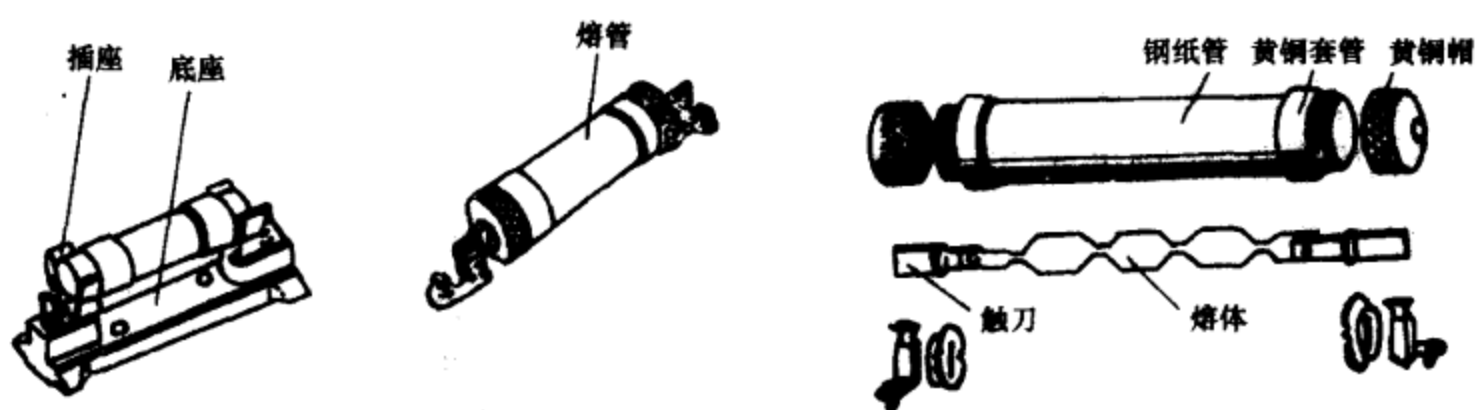


图 1-20 RM10 无填料封闭管式熔断器

黄铜套管和黄铜帽等构成。新产品中熔管已用耐电弧的玻璃钢制成。

这种结构形式的熔断器有两个特点：一是采用变截面锌片作熔体，二是采用钢纸管或三聚氰胺玻璃布作熔管。当电路过载或短路时，变截面锌片狭窄部分的温度骤然升高并首先熔断，特别是在短路时，熔体的几个狭窄部分同时熔断，使电路断开很大间隙后灭弧容易；熔管在电弧作用下，分解大量气体，使管内压力迅速增大，促使电弧迅速熄灭。还有锌质熔体熔点较低，适合于同熔管配合使用。这种熔断器的优点是灭弧力强，熔体更换方便，被广泛用于发电厂、变电所和电动机的保护。

5. 快速熔断器

快速熔断器具有结构简单、熔断迅速等特点，故主要用于晶闸管等元器件的短路保护。常用的快速熔断器有 RLS1、RLS2、RS0 和 RS3 系列。

快速熔断器主要用于电力变换、可控整流、晶闸管及硅元件和承受过电流及过电压能力差的元器件，在电路中作为短路和某些过流保护之用。

快速熔断器选用要求如下。

(1) RLS1、RLS2 系列快速熔断器主要用在直流或交流 50Hz，额定电流 100A 以下，额定电压 500V 以下的电路中，作为硅整流元件或整流装置的短路保护或过流保护之用。

(2) RS0 系列快速熔断器主要用在交流 50Hz，额定电压 750V 以下，额定电流在 480A 以下的电路中，作为硅整流元件或其他装置的短路保护及过载保护之用。

(3) RS3 系列快速熔断器主要用在交流 50Hz，额定电压 1000V 以下，额定电流在 700A

以下的电路中,作为硅整流元件及其成套设备和其他装置的短路保护及过载保护之用。

第四节 主令电器

主令电器是指在电气自动控制系统中用来发出信号指令的电器。它的信号指令将通过继电器、接触器和其他电器的动作,接通和分断被控制电路,以实现对电动机和其他生产机械的远距离控制。常用的主令电器有按钮、位置开关、万能转换开关、主令控制器等。下面对常用的按钮和位置开关作简要介绍。

一、按钮

按钮是一种短时接通或断开小电流电路的手动电器,通常用于控制电路中发出启动或停止等指令,以控制接触器、继电器等电器的线圈电流的接通或断开,再由它们去接通或断开主电路。可见,按钮是一种发出指令的电器,因此称为主令电器。另外,按钮之间还可实现电气连锁。

按钮一般是由按钮帽、复位弹簧、桥式动触点、静触点和外壳等组成。图 1-21 为常闭按钮、常开按钮和复合按钮的结构与符号。

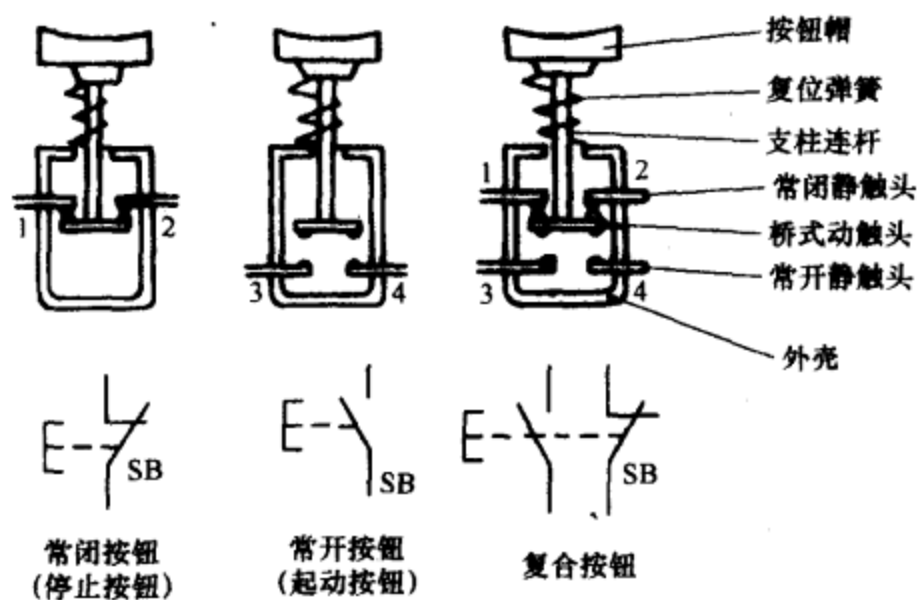


图 1-21 按钮的结构与符号

常用按钮主要有 LA2、LA10、LA18、LA19 和 LA25 等系列。关于按钮的颜色及指示灯的颜色,国家有关标准都作了规定。按钮的结构型式有开启式、旋钮式、钥匙式、防水式、防腐式、保护式和带指示灯式等。按钮的型号意义如图 1-22 所示。

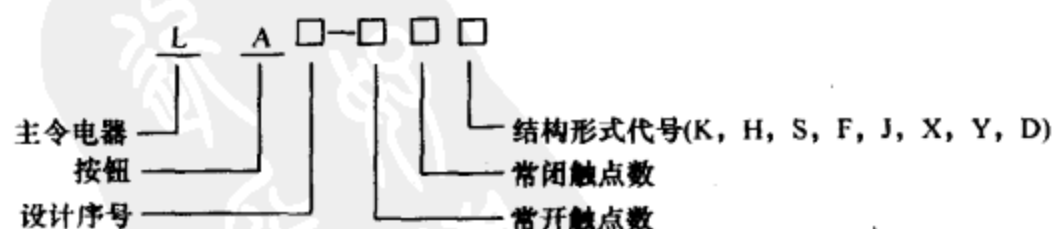


图 1-22 按钮的型号意义

1. 常闭按钮

手指未按下时,触点是闭合的,如图 1-16 中的触点 1、2,当手指按下时,触点 1、2 被断开,而手指松开后,触点在复位弹簧作用下恢复闭合。常闭按钮在控制电路中常用作停止按钮。

2. 常开按钮

手指未按下时, 触点是断开的, 如图 1-16 中的触点 3、4, 当手指按下按钮帽时, 触点 3、4 被接通, 而手指松开后, 触点在复位弹簧作用下返回原位而断开。常开按钮在控制电路中常用作起动按钮。

3. 复合按钮

当手指未按下时, 触点 1、2 是闭合的, 触点 3、4 是断开的; 当手指按下时, 先断开触点 1、2, 后接通触点 3、4; 而手指松开后, 触点在复位弹簧作用下全部复位。复合按钮在控制电路中常用于电气连锁。

二、位置开关

位置开关包括在控制电路中的作用同按钮类似, 按钮为手动, 而位置开关是通过生产机械的运动部件(如挡铁)碰撞或接近后使其触点动作的。行程开关按其结构形式有按钮式、滚轮式(单滚轮式、双滚轮式)、微动开关式之分; 按其触点动作的速度有瞬动型和蠕动型之分; 按其动作后复位方式有自动复位和非自动复位之分; 按其触点的形式分为有触点(行程开关和微动开关)和无触点(接近开关)等。

1. 行程开关

行程开关是用来反映工作机械的行程, 发布命令以控制其运动方向或行程大小的主令电器。如果把行程开关安装在工作机械行程终点处, 以限制其行程, 它就称作限位开关或终端开关。

图 1-23 为直动式行程开关的结构简图。当外部机械碰撞压钮, 使其向下运动并压迫弹簧, 使触点由与常闭静触点接触转向同常开静触点接触。当外部机械作用移去后, 由于弹簧的反作用, 触点恢复原位。

直动式行程开关优点是结构简单, 成本较低; 缺点是触点的分合速度取决于撞块移动速度。若撞块移动太慢, 则触点就不能瞬时切断电路, 使电弧在触点上停留时间过长, 易于烧蚀触点。

机床中常用行程开关的型号意义如图 1-24 所示。

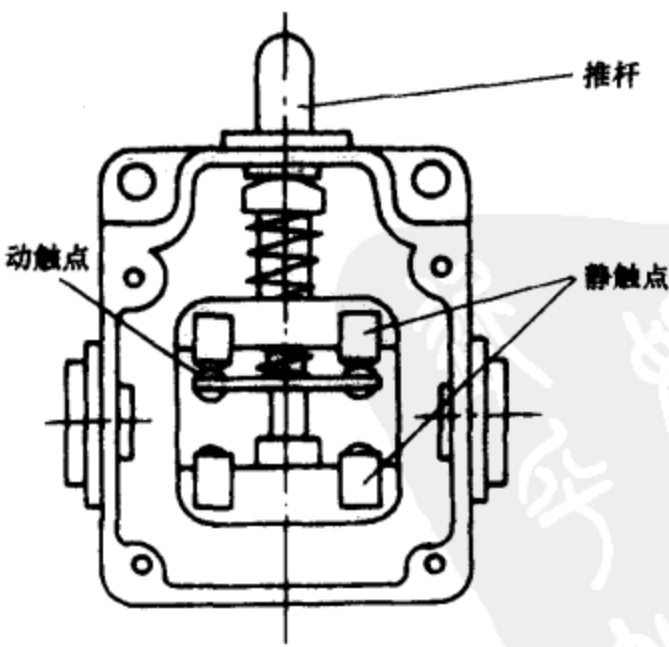


图 1-23 直动式行程开关结构简图

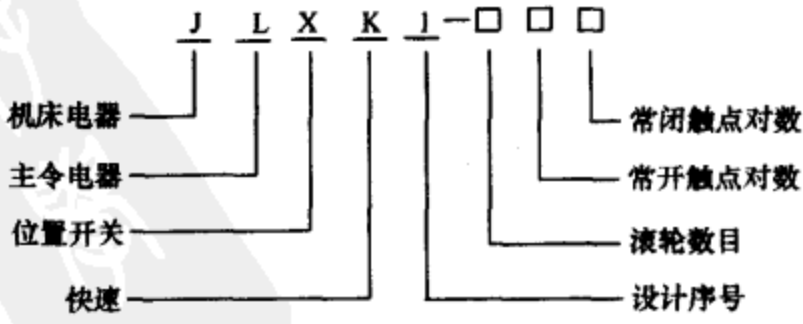


图 1-24 机床中常用行程开关的型号意义

行程开关在电路中的电路符号如图 1-25 所示。



图 1-25 行程开关的电路符号

2. 微动开关

微动开关是通过一定的外力经过微小的行程使触点瞬时动作的开关。从某种意义上讲,微动开关是尺寸微小的行程开关。

图 1-26 为具有弯片状弹簧微动开关的结构示意图。当推杆被压下时,弹簧片发生变形,储存能量并产生位移,当达到预定的临界点时,弹簧片连同动触点产生瞬时跳跃,从而导致电路的接通、分断或转换。同样,减小操作力时,弹簧片会向相反方向跳跃。

微动开关体积小、动作灵敏,适合在小型机构中应用。

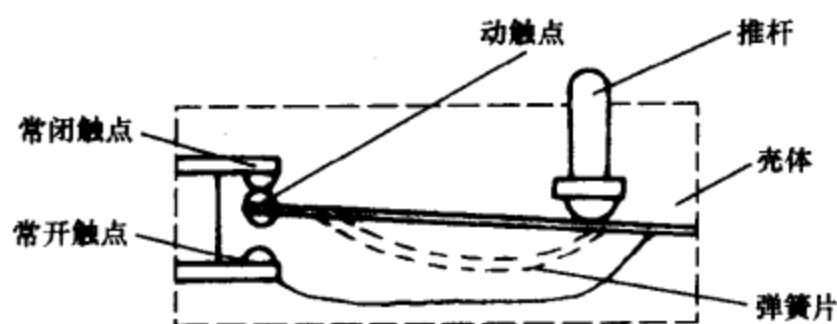


图 1-26 具有弯片状弹簧微动开关的结构示意图

3. 接近开关

接近开关不同于行程开关,它是一种非接触式的检测装置。当运动着的物体在一定范围内接近它时,它就能发出信号,以控制运动物体的位置。它既能起行程开关的作用,又能起计数的作用。

根据工作原理来划分,接近开关有高频振荡型、电容型、霍尔效应型、感应电桥型等,其中高频振荡型最常用。高频振荡型接近开关由感应头、振荡器、开关器和输出器等组成。当装在生产机械上的金属物体接近感应头时,由于感应作用,使处于高频振荡器线圈磁场中的金属物体内部产生涡流损耗(金属物体为铁磁体时还有磁滞损耗),以致振荡回路因电阻增大和能耗增加而使振荡减弱,直到停止振荡。此时开关器导通,并通过输出器发出信号,以起到控制作用。

接近开关具有定位精度高、操作频率高、功率损耗小、寿命长、使用面广和能适应恶劣工作环境等优点。目前,接近开关已逐渐得到推广应用。

第五节 接触器

接触器是最常用的一种自动开关,是利用电磁吸力使触点闭合或分断的电器。它根据外部信号(如按钮或其他电器的触点的闭合或分断)来接通或断开带有负载的电路。适

合于频繁操作的远距离控制,并具有失压保护的功能。

重点提示 交流接触器与组合开关都具有通断电路的功能,但交流接触器更适合于频繁通断电路的场合。另外,由于二者结构上的差异,交流接触器具有多对触点,其控制功能更为多样、灵活。

接触器主要控制对象是电动机,也可用作控制电热设备、电照明、电焊机和电容器组等电力负载。接触器具有控制容量大、操作频率高、工作可靠、使用寿命长、维修方便和可远距离控制等优点。在电力拖动与自动控制系统中,接触器是应用最广的电器之一。

接触器的种类很多,按电压等级可分为高压与低压接触器;按电流种类可分为交流接触器和直流接触器;按操作机构可分为电磁式、液压式和气动式,但以电磁式接触器应用最广;按动作方式可分为直动式和转动式;按主触头的极数可分为单极、双极和三极等。下面主要介绍电磁式低压接触器。

一、交流接触器

交流接触器主要用于远距离接通与分断额定电压至 1140V、额定电流至 630A 的交流电路,以及频繁地控制交流电动机起动、停止、反转和制动等。

1. 交流接触器的结构

交流接触器主要由触点系统、电磁机构和灭弧装置等组成。其外形和结构原理图如图 1-27 所示。

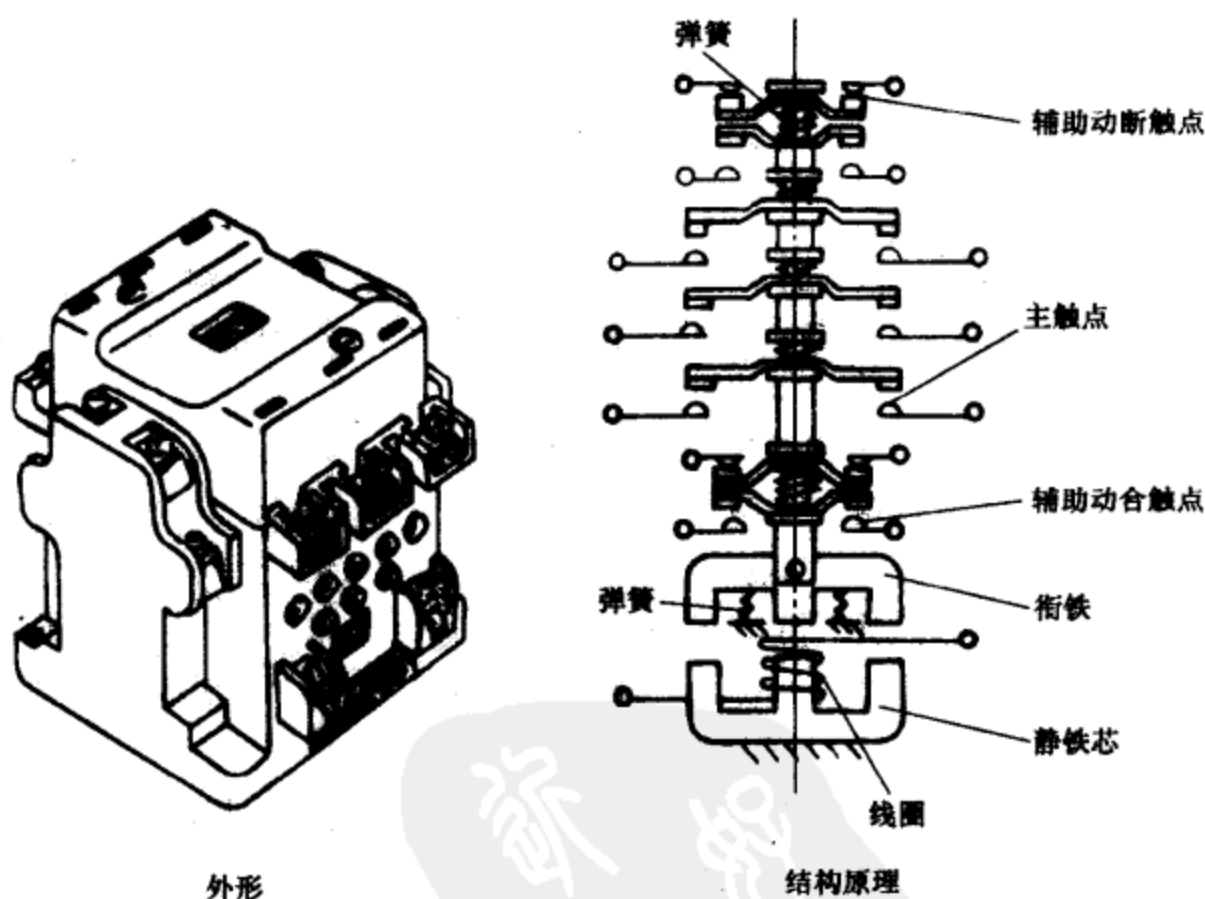


图 1-27 交流接触器的外形和结构

图 1-28 为交流接触器在电路中的符号。

接触器的触点用来接通与断开电路。按其接触情况可分为点接触式,线接触式和面接触式三种按其结构型式分为桥式触点和指形触点两种。交流接触器一般采用双断点桥式触点,即两个触点串于同一电路中,同时接通或断开电路。接触器的触点有主触点和辅

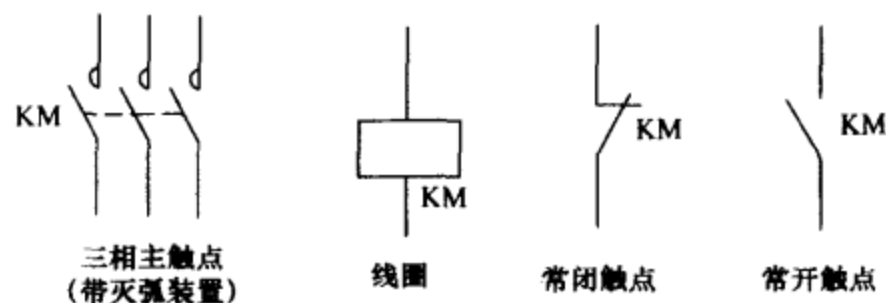


图 1-28 交流接触器在电路中的符号

助触点之分。主触点用于通断电流较大的主电路,一般由接触面较大的动合触点组成;辅助触点用于通断电流较小的控制电路,它由动合触点和动断触点成对组成。接触器未工作时处于断开状态的触点称为动合触点或常开触点;接触器未工作时处于接通状态的触点称为动断触点或常闭触点。

电磁机构是用来操纵触点的闭合和分断用的,它由静铁芯、电磁线圈和衔铁三部分组成。交流接触器的铁芯一般用硅钢片叠压后铆成,以减少交变磁场在铁芯中产生的涡流与磁滞损耗。交流接触器的线圈用绝缘的电磁线绕制而成,工作时并接在控制电源两端,线圈的阻抗大、电流小。交流接触器的铁芯上装有短路铜环,称为短路环,短路环的作用是减少交流接触器吸合时的振动和噪声。

交流接触器在分断大电流电路时,往往会在动、静触点之间产生很强的电弧,电弧会使触点烧伤,还会使电路切断时间加长,甚至会引起其他事故。因此,接触器都要有灭弧装置。容量较小的交流接触器的灭弧方法是利用双断点桥式触点在电路中将电弧分割成两段,以提高电弧的起弧电压,同时利用两段电弧相互间的电动力使电弧向外侧拉长,在拉长过程中使电弧受到冷却而熄灭;容量较大的交流接触器一般采用灭弧栅灭弧,灭弧栅片由表面镀铜的薄铁板制成,安装在石棉水泥或耐弧塑料制成的罩内。当电弧受磁场作用力进入栅片后,被分成许多串联的短弧,使每一个短弧上的电压维持不了起弧,导致电弧熄灭。

重点提示 电弧是一种空气放电现象。一般地,空气是不导电的,但在某些条件下如场强较高时,空气将被击穿,有较大的电流。电弧具有热效应。

2. 交流接触器的原理

交流接触器的工作原理:当接触器线圈通电后,它产生的电磁吸力克服弹簧的反作用力,将衔铁吸合并带动支架使动、静触点接触闭合,从而接通主电路;当线圈断电或电压显著下降时,由于电磁吸力消失或过小,衔铁与动触点在弹簧反作用力作用下跳开,触点打开时产生电弧,但电弧在灭弧措施作用下迅速熄灭;最后切断主电路。

3. 交流接触器的选用

- (1) 交流接触器的额定工作电压应大于或等于控制电路的额定电压。
- (2) 交流接触器主触点的额定电流应稍大于或等于控制电路的额定电流。
- (3) 交流接触器的线圈电压应等于电源所能供给交流接触器线圈的电压。
- (4) 辅助触点的触点数及额定电流应大于或等于控制电路所需的数量。
- (5) 交流接触器的频率应与控制电路的电源频率相同。

(6) 交流接触器的操作频率(次/h)应大于所控制电路需要的操作频率。

(7) 当作为电动机起动及停止控制时,除了以上指标应满足要求外,其交流接触器主触点的额定电流应稍大于或等于交流电动机的额定电流;而用于交流电动机频繁正、反转起动控制时,其接触器应向上选大一级。

常用交流接触器型号意义如图 1-29 所示。

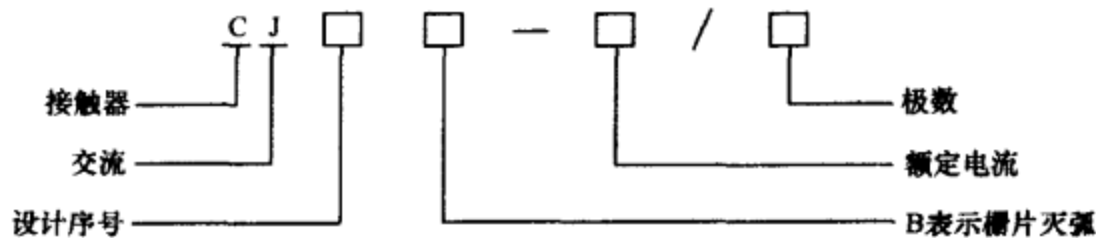


图 1-29 常用交流接触器型号意义

二、直流接触器

直流接触器主要用于远距离接通和分断额定电压 440V、额定电流至 600A 的直流电路或频繁地操作和控制直流电动机的一种控制电器。其结构及工作原理与交流接触器基本相同,但也有区别,主要表现在以下几方面。

(1) 电磁系统 直流接触器电磁系统由铁芯、线圈和衔铁等组成。因线圈中通的是直流电,铁芯中不会产生涡流,所以铁芯可用整块铸铁或铸钢制成,也不需要装短路环。铁芯不发热,没有损耗。线圈匝数较多,电阻大,电流流过时发热,为了使线圈良好散热,通常将线圈制成长而薄的圆筒状。

(2) 触点系统 直流接触器触点系统多制成单极的,只有小电流才制成双极的,触头也有主、辅之分。由于主触头的通断电流较大,多采用滚动接触的指形触头。辅助触头的通断电流较小,常采用点接触的桥式触头。

(3) 灭弧装置 直流接触器一般采用磁吹式灭弧装置。

常用直流接触器型号意义如图 1-30 所示。

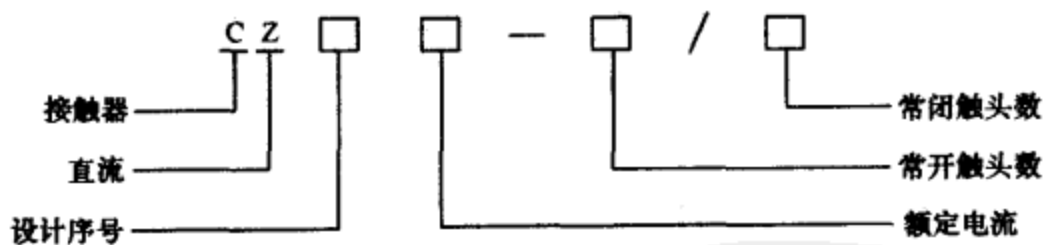


图 1-30 常用直流接触器型号意义

重点提示 接触器的主要技术数据如下。

额定电压 接触器铭牌上的额定电压是指主触头的额定电压。选用时,主触头所控制的电路电压应小于或等于接触器的额定电压。

额定电流 接触器铭牌上的额定电流是指主触头的额定电流。

吸引线圈的额定电压 吸引线圈的额定电压等于控制回路的电压。交流有 36V, 110V, 127V, 220V, 380V; 直流有 24V, 48V, 220V, 440V。

额定操作频率 接触器的额定操作频率是指接触器每小时允许的操作次数。

第六节 继电器

继电器是一种自动动作的电器。当给继电器输入电压、电流和频率等电量或温度、压力和转速等非电量并达到规定值时,继电器的触点便接通或分断所控制或保护的电路。继电器被广泛应用于电力拖动控制、电力系统保护以及各类遥控和通信系统中。

继电器一般由输入感测机构和输出执行机构两部分组成。前者用于反映输入量的高低;后者用于接通或分断电路。

继电器种类很多。按感测机构输入物理量性质可分为电量继电器和非电量继电器。电量继电器的输入量可为电流、电压、频率和功率等,并相应称为电流、电压、频率和功率继电器等;非电量继电器的输入量可为温度、压力和速度等,并相应称为温度、压力和速度继电器等。按用途可分为控制继电器和保护继电器;按动作时间可分为瞬时继电器和延时继电器;按执行机构的特征可分为有触点继电器和无触点继电器;按工作原理又可分为电磁式继电器、机械式继电器、热继电器和半导体式继电器等。下面主要介绍几种常用电器的结构、动作原理和用途。

一、电磁式继电器

电磁式继电器,也叫有触点继电器,它的结构和动作原理与接触器大致相同。但电磁式继电器在结构上体积较小、动作灵敏、没有庞大的灭弧装置,且触点的种类和数量也较多。

1. 电流继电器

电流继电器是反映电路电流量变化的器件,它的线圈与电路串联,以反应电路电流的变化。为不影响电路工作情况,其线圈匝数少,导线粗,线圈阻抗小。

电流继电器是根据控制电路中电流变化的大小而决定是否动作的。电流继电器可分为过电流继电器和欠电流继电器。过电流继电器是当电路中的电流超过一定量时,过电流继电器动作,切断电路,从而起到电路中的过载保护作用。一般交流过电流继电器的过电流动作范围可调整在电路额定电流的 $110\% \sim 400\%$,直流过电流继电器的动作范围可调整在电路额定电流的 $70\% \sim 300\%$ 。而欠电流继电器是当电路中的电流小于一定数值时,欠电流继电器动作,切断电路,从而使某些要求具有一定电流的电路得到保护。例如在直流电动机的电枢励磁电路中,如果励磁电流减少,根据直流电动机的机械特性知道其转速要上升;当励磁电流减小趋于零时,根据理论分析,其转速将趋于无穷大,会引起直流电动机转速猛增,亦即“飞车现象”,这样会发生严重的设备事故。为了杜绝这种现象的发生,在直流电动机的电枢励磁回路中串入欠电流继电器,一旦电枢励磁回路中电流下降到某数值时,欠电流继电器动作,切断电源,从而起到欠电流的保护作用。一般情况下,欠电流继电器的吸合电流为线圈额定电流的 $30\% \sim 65\%$,释放电流为线圈额定电流的 $10\% \sim 20\%$ 。故当控制线路中电流减小到欠电流继电器线圈额定电流的 $10\% \sim 20\%$,欠电流继电器动作,从而起到了欠电流保护作用。在电气控制电路中,主要使用 JZ14 系列交流、直流电流继电器。

图 1-31 为过电流电磁式继电器外形与结构原理图。

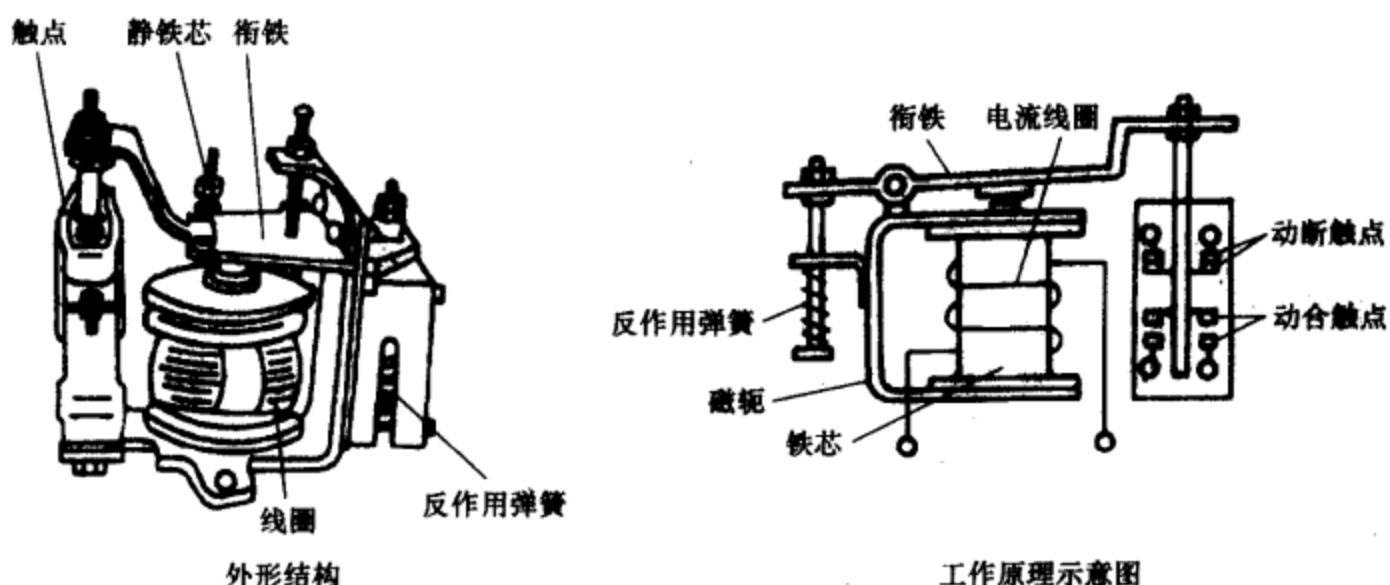


图 1-31 过电流继电器外形及原理图

当接于主电路的线圈为额定值时,它所产生的电磁引力不能克服反作用弹簧的作用力,继电器不动作,常闭触点闭合,维持电路正常工作。一旦通过线圈的电流超过整定值,线圈电磁力将大于弹簧反作用力,静铁芯吸引衔铁使其动作,分断常闭触点,切断控制回路,保护了电路和负载。

电流继电器在电路中的符号如图 1-32 所示。

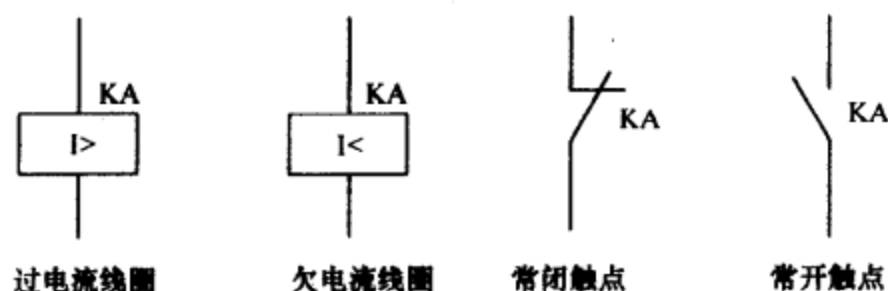


图 1-32 电流继电器在电路中的符号

重点提示 过电流继电器主要用于绕线式异步电动机及直流电动机频繁起动和重载起动下的过载和短路保护。欠电流继电器主要用于直流电动机电枢励磁回路及其他需保持一定电流的电路中。

电流继电器的选用要求如下。

(1) 过电流继电器选用 用于绕线式异步电动机和小容量直流电动机的过电流保护时,过电流继电器的线圈额定电流可选择电动机额定工作电流的大小;对于频繁起动或频繁正、反转起动的电动机,则电流继电器线圈的额定电流应向上选大一级。

(2) 欠电流继电器的选用 欠电流继电器线圈电流的选择应根据电路中所要求的最小电流值来选择,即电路中所要求的最小电流值应等于欠电流继电器线圈额定电流的 10%~20%。

2. 电压继电器

电压继电器的结构与电流继电器相似,不同的是电压继电器的线圈为并联的电压线圈,匝数多,导线细,阻抗大。电压继电器主要用于电力输入线路的电压升高或降低及自动控制、机床线路中的过电压及失压保护。

根据动作电压值的不同,电压继电器有过电压、欠电压和零电压继电器之分。过电压

继电器主要作用是当电压超过某一上限电压值时,继电器工作,从而达到过电压的保护作用,一般当电压为线路额定电压的 $105\% \sim 120\%$,继电器即动作。欠电压继电器是当电路中电压降低到不足于一定值时,欠电压继电器动作,切断电路,使某些用电设备不至因电源电压降低电流急剧上升而损坏,一般当电压低于线路额定电压的 $40\% \sim 70\%$,欠电压继电器即动作。零电压继电器则当线路电源电压降低接近于零时(一般为额定电压的 $10\% \sim 35\%$)动作。常用的电压继电器有 JT4 系列电压继电器。

值得一提的是,交流接触器、中间继电器本身也具有欠压和失压保护的功能,故在电气控制线路中,常用交流接触器或中间继电器代替失压和欠压继电器进行失压或欠压保护。

电压继电器在电路中的图形符号及文字符号如图 1-33 所示。

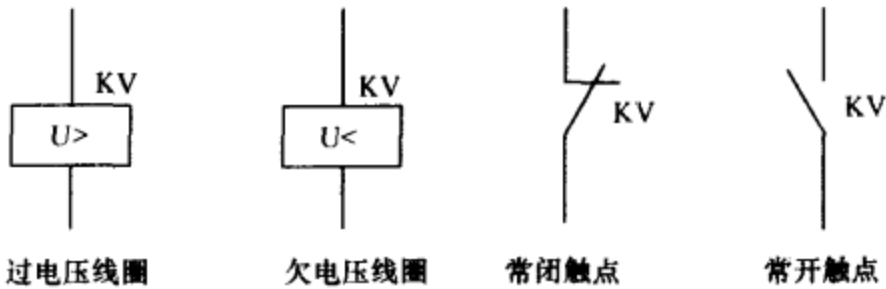


图 1-33 电压继电器在电路中的符号

3. 中间继电器

中间继电器实质上为电压继电器,但它的触点对数多,触头容量较大,动作灵敏。其主要用途为:当其他继电器的触头对数或触头容量不够时,可借助中间继电器来扩大它们的触头数和触头容量,起到中间转换作用。图 1-34 为 JZ7 系列中间继电器外形结构。

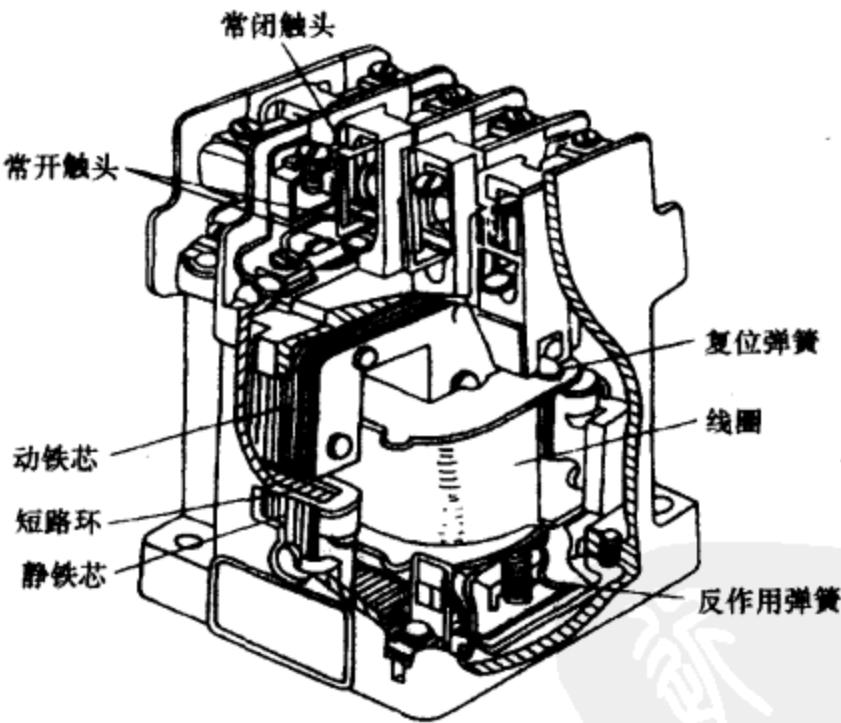


图 1-34 JZ7 系列中间继电器的外形结构

该中间继电器由静铁芯、动铁芯、线圈、触点系统、反作用弹簧和复位弹簧等组成。其触点对数较多,没有主、辅触点之分,各对触点允许通过的额定电流是一样的,都为 5A。吸引线圈的额定电压有 12V、24V、36V、110V、127V、220V、380V 等多种,可供选择。

重点提示 选用电磁式继电器的主要依据是:被控制或保护对象的特性、触头的种

类、数量、控制电路的电压、电流、负载性质等因素,特别是线圈电压、电流应满足控制线路的要求。如果控制电流超过继电器触头额定电流,可将触头并联使用。

电磁式继电器型号意义如图 1-35 所示。

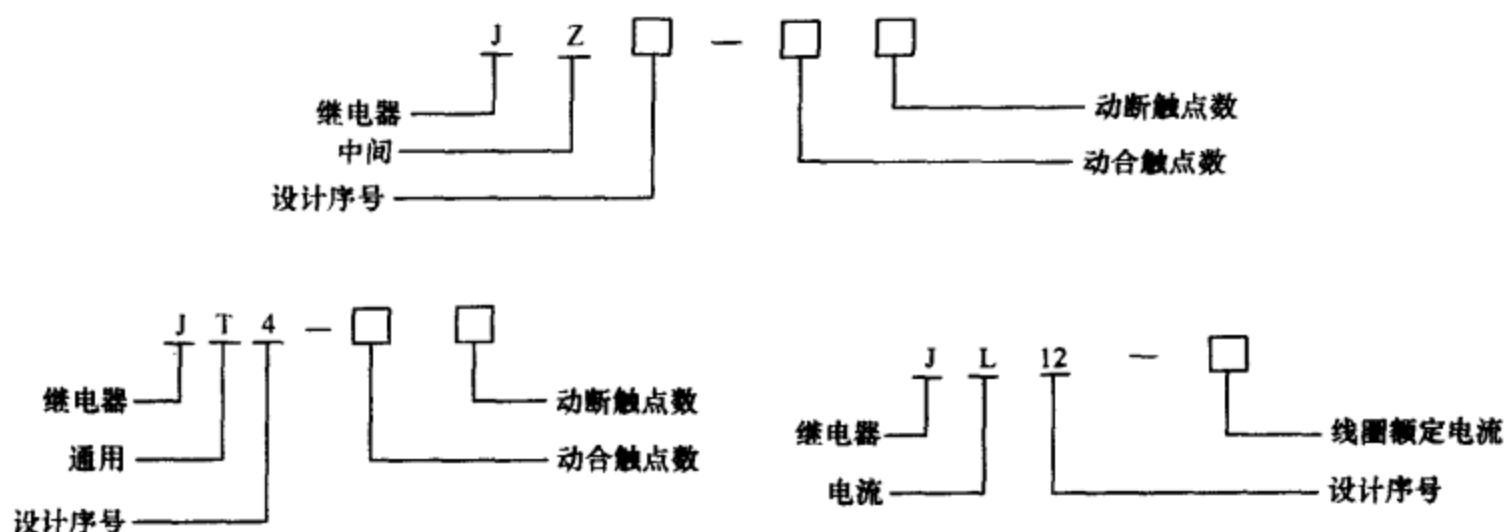


图 1-35 电磁式继电器型号意义

二、时间继电器

时间继电器是利用电磁原理或机械原理实现触点延时闭合或延时断开的自动控制电器。按动作原理分,可分为电磁式、空气阻尼式、电动式和电子式等。按延时方式分,可分为通电延时型和断电延时型两种。

1. 电磁式时间继电器

电磁式时间继电器一般只用于直流电路,而且只能直流断电延时动作。它是利用磁系统在线圈断电后磁通延缓变化的原理来实现的。为达到延时的目的,可在继电器的磁系统中增设阻尼圈,例如在图 1-22 所示继电器的磁轭上加套铝套筒或铜套筒(即为阻尼圈)。当线圈断电后,铁芯内的磁通迅速减少,根据电磁感应定律,在阻尼圈内将产生感应电流,以阻止磁通的减少,使铁芯继续吸持衔铁一段时间,使得触点延时断开。其延时的长短取决于线圈断电后磁通衰减的速度,它与阻尼圈本身的时间常数(L/R)有关,同时和铁芯与衔铁间的非磁性垫片厚度以及释放弹簧的松紧有关。时间继电器做好后,阻尼圈本身的时间常数已定,继电器延时时间的调节就靠改变非磁性垫片厚度以及释放弹簧的松紧。垫片厚则延时短,垫片薄则延时长;弹簧紧则延时短,弹簧松则延时长。

2. 空气阻尼式时间继电器

空气阻尼式时间继电器又称气囊式时间继电器。它是利用空气阻尼的作用来达到延时的。下面以应用广泛的 JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器为例进行介绍。JS7-A 空气阻尼式时间继电器型号意义如图 1-36 所示。

JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器外形和结构如图 1-37 所示。

JS7-A 系列时间继电器的吸引线圈的额定电压有 24V、36V、110V、127V、220V 和 380V 等多种,但其基本组成不变,主要由电磁机构(线圈、铁芯和衔铁)、触点系统(两对瞬动触头和两对延时触头)、空气室(气室内装一成型橡皮薄膜,随空气的增减而移动,气室顶部的调节螺钉可调节延时时间)和传动机构(推板、活塞杆、杠杆及各种类型的弹簧)四部分构成。

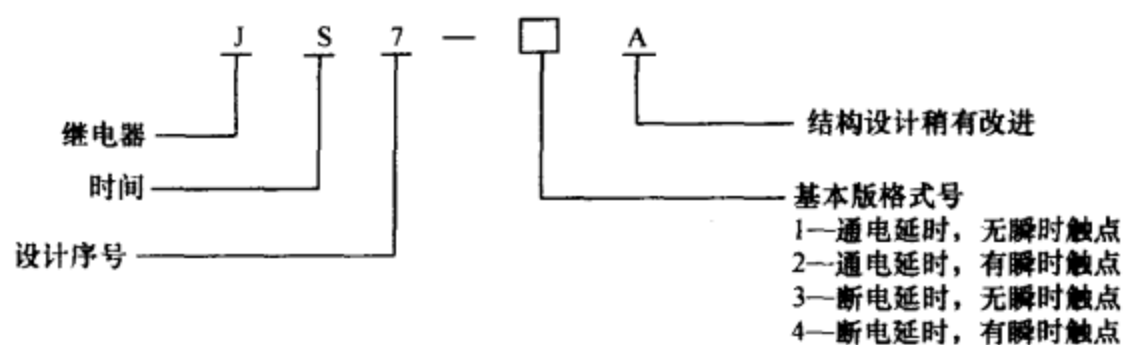


图 1-36 JS7—A 空气阻尼式时间继电器型号意义

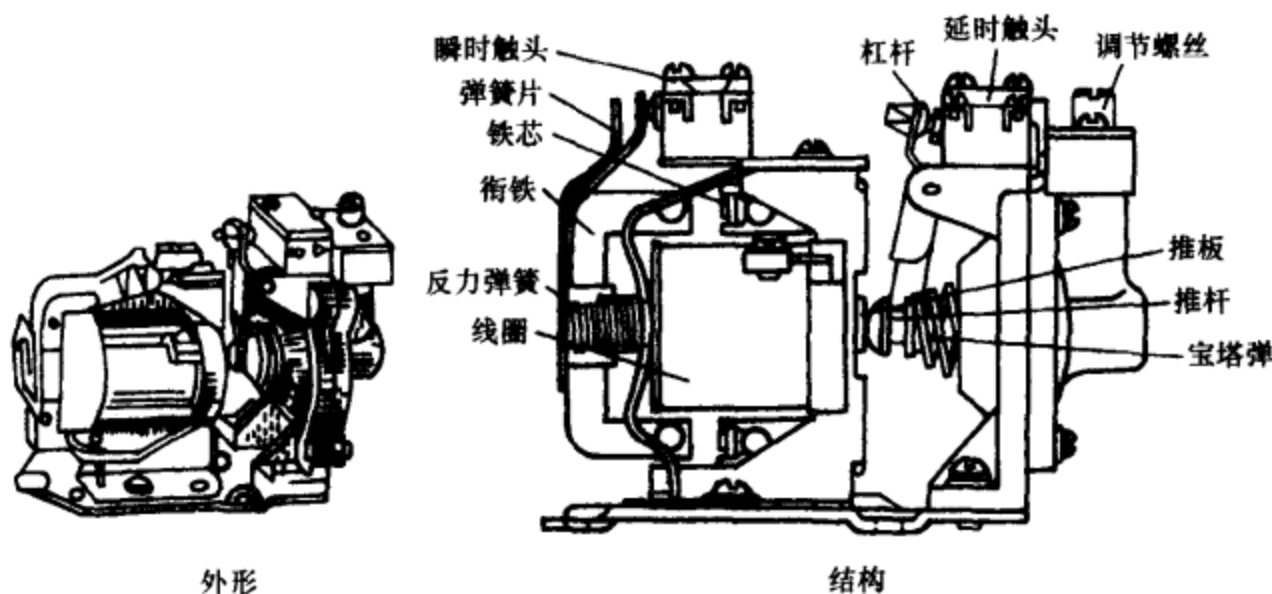


图 1-37 空气阻尼式时间继电器外形和结构

JS7—A 系列空气阻尼式时间继电器有通电延时和断电延时两种。图 1-38 为通电延时继电器原理示意图。它的主要功能是线圈通电后，触点要延长一段时间才动作；而线圈失电时，触点立即复位。工作过程是：当吸引线圈通电时，动铁芯就被吸下，使铁芯与活塞杆之间有一段距离，在释放弹簧的作用下，活塞杆就向下移动，由于在活塞上固定有一层橡皮膜，因此当活塞向下移动时，橡皮膜上方空气变稀薄，压力减小，而下方的压力加大，限制了活塞杆下移的速度。只有当空气从进气孔进入时，活塞杆才继续下移，直至压下杠

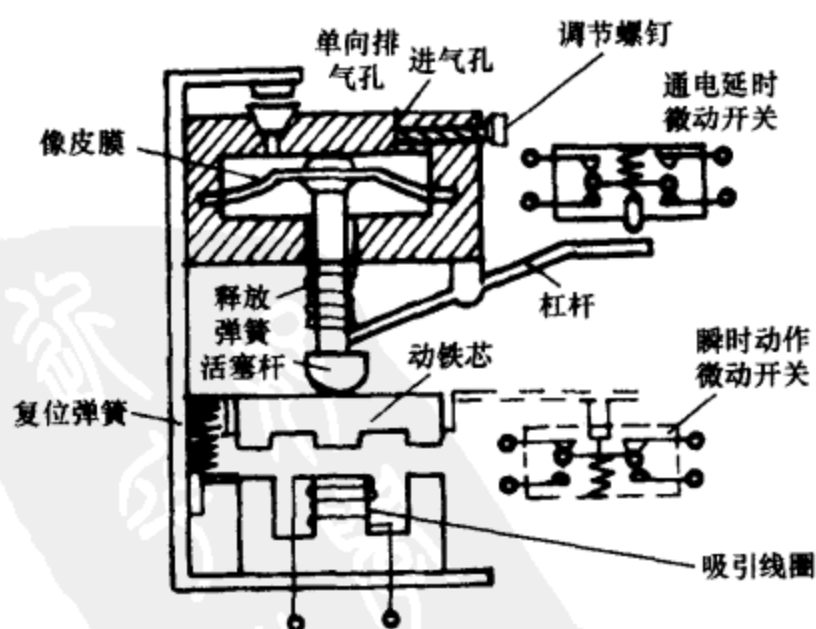


图 1-38 空气阻尼式通电延时时间继电器原理示意图

杆,使微动开关动作。可见,从线圈通电开始到触点(微动开关)动作需要经过一段时间,此即为继电器的延时时间。旋转调节螺钉,改变进气孔的大小,就可调节延时时间的长短。线圈断电后复位弹簧使橡皮膜上升,空气从单向排气孔迅速排出,不产生延时作用。该空气式时间继电器经过适当改装后,还可成为断电延时继电器,即通电时它的触点瞬时动作,而断电后要经过一段时间,它的触点才能复位。

重点提示 JS7—A 系列空气阻尼式时间继电器主要优点为延时范围较大,可达 $0.4\text{s}\sim 180\text{s}$,能同时做成通电和断电延时型,在将通电延时型改装为断电延时型或将断电延时型改装为通电延时型时,只需松开整个电磁系统的固定螺钉,将其旋转 180° 固定好,后即可达到要求。JS7—A 系列空气阻尼式时间继电器具有结构简单、价格低廉、寿命长、不受电压和频率波动的影响。其缺点是延时误差大和延时值受周围环境温度、湿度、灰尘等影响。

JS7—A 系列空气阻尼式时间继电器主要用于延时精度要求不高的机床控制电路中以及电动机 Y- Δ 降压自动转换和双速电动机及其他控制电路自动转换的控制中。

3. 电动式时间继电器

电动式时间继电器是利用同步电动机驱动齿轮变速机构的原理制成的。它也有通电延时型和断电延时型之分,常见型号有 JS17 系列,该系列的通电和断电并非指接通和断开电动式时间继电器的电源,而是指接通和断开电动式时间继电器离合电磁铁线圈的电源。

4. 电子式时间继电器

电子式时间继电器是目前应用比较广泛的时间继电器。它具有体积小、质量小、延长时间长(可达几十小时)、延时精度高、调节范围广($0.1\text{s}\sim 9999\text{min}$)、工作可靠和使用寿命长等优点,并将取代机电式时间继电器。

电子式时间继电器的种类很多。按电子元件的构成可分为分立元件型和集成电路型,按延时电路型式可分为模拟电路型和数字电路型。在数字电路型中按延时基准又可分为以电源频率为基准和以石英振荡电路为基准的两种类型等。各种电子式时间继电器的工作原理比较复杂,这里不再分析。

重点提示 时间继电器在控制电路中用做延时控制,即当输入信号进入控制系统时,输出系统不立即对输入做出反应,而是经过预定的时间后,输出系统才会有输出量。图 1-39 为时间继电器在电路中的符号,图中列出了通电延时和断电延时线圈的画法及通电延时和断电延时常开、常闭触点的画法。

需要说明的是,一般规定通电延时触点上的小圆弧的凸出方向向左,断电延时触点上的小圆弧的凸出方向向右。如果将触点在水平方向上绘制,则通电延时触点上的小圆弧的凸出方向规定向上,而断电延时触点上的小圆弧的凸出方向规定向下。

三、热继电器

热继电器是利用电流的热效应原理工作的保护电器,在电路用做电动机的过载保护。电动机在实际运行中,常遇到过载情况,若过载不大,时间较短,绕组温升不超过允许范围,是可以的。但过载时间较长,绕组温升超过了允许值,将会加剧绕组老化,缩短电动机的使用年限,严重时烧毁电动机的绕组。因此,凡是长期运行的电动机必须设置过载

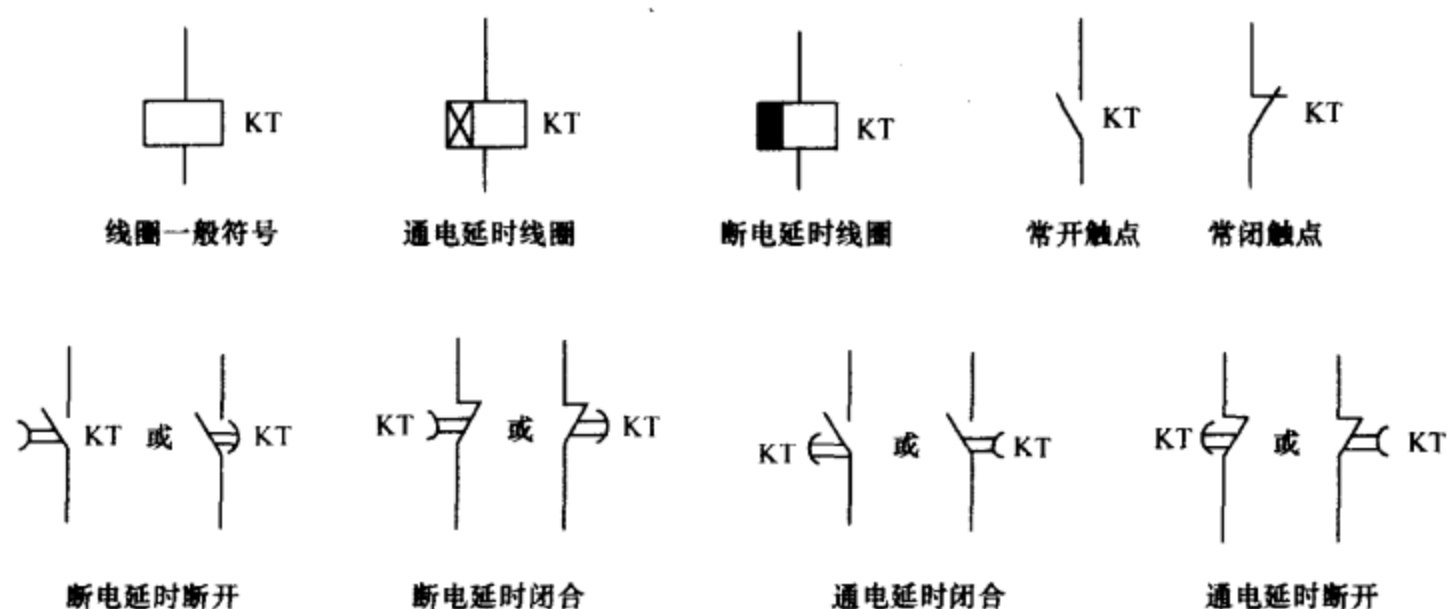


图 1-39 时间继电器在电路中的符号

保护。

热继电器种类很多,应用最广泛的是基于双金属片的热继电器,其外形及结构如图 1-40 所示,主要由热元件、双金属片和触头三部分组成。热继电器的常闭触点串联在被保护的二次回路中,它的热元件由电阻值不高的电热丝或电阻片绕成,串联在电动机或其他用电设备的主电路中。靠近热元件的双金属片,是用两种不同膨胀系数的金属用机械辗压而成,为热继电器的感测元件。当电动机正常运行时,热元件产生的热量虽能使双金属片弯曲,但还不足以使继电器动作。当电动机过载时,流过热元件的电流增大,热元件产生的热量增加,使双金属片产生的弯曲位移增大,经过一定时间后,双金属片推动导板使继电器触头动作,切断电动机控制电路。热继电器动作后,一般不能立即自动复位,待电流恢复正常、双金属片复原后,再按复位按钮,才能使常闭触点回到闭合状态。

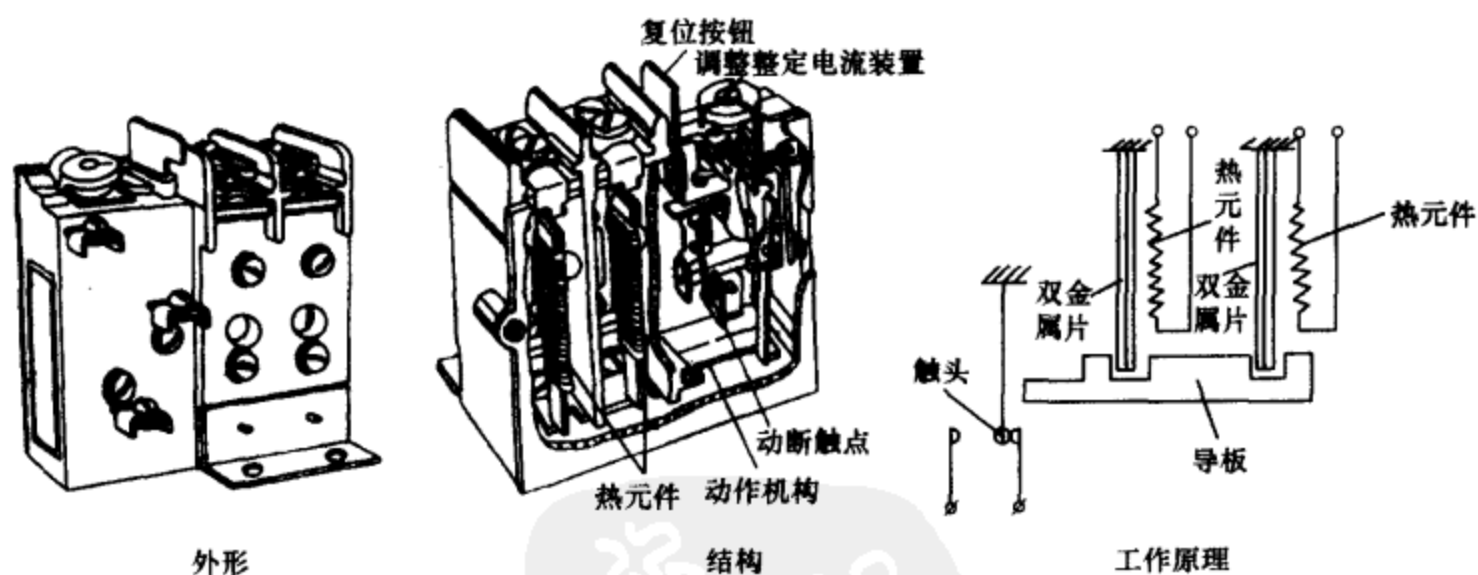


图 1-40 热继电器的外形及结构

热继电器在保护形式上分为二相保护和三相保护两类。二相保护式的热继电器内装有两个发热元件,分别串入三相电路中的两相,常用于三相电压和三相负载平衡的电路。对于三相电源严重不平衡或三相负载严重不平衡的场合只能用三相保护式。因三相保护式热继电器内装有三个发热元件,分别串入三相电路中的每一相,其中任意一相过载,都将导致热继电器动作。

热继电器的主要技术参数有：额定电压、额定电流、相数、热元件编号、整定电流及整定电流调节范围等。

重点提示 整定电流就是热元件中通过的电流超过此值的 20% 时，热继电器应当在 20min 内动作。

常用的热继电器有 JR20、JRS1 及 JR0、JR10、JR15、JR16 等系列，其型号意义如图 1-41 所示。

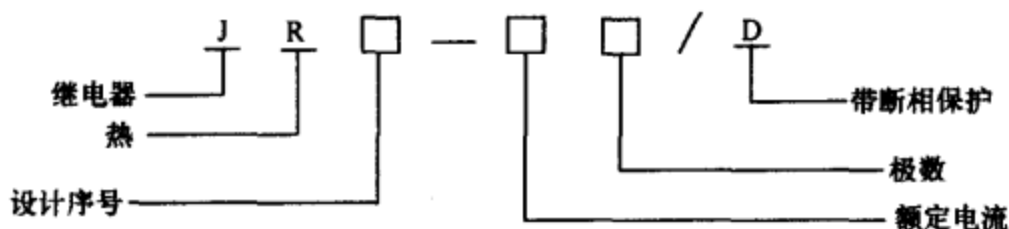


图 1-41 热继电器型号意义

热继电器的电路符号如图 1-42 所示。

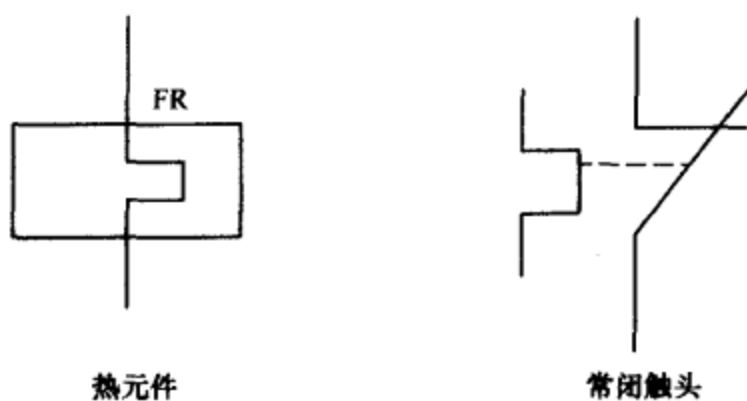


图 1-42 热继电器的电路符号

一般星形连接的电动机可选用普通二相式或三相保护式热继电器。三角形连接的电动机必须采用带有断相保护装置的热继电器。对于点动、重载起动、频繁正反转及带反接制动的电动机，一般不用热继电器作过载保护，而是选用过电流继电器或温度继电器等。

四、速度继电器

速度继电器的输入量是转速。速度继电器一般和电动机同轴安装，用以控制电动机的转速或作为电动机停止时反接制动之用。当电动机转速达到某一数值时（一般为 120r/min），速度继电器动作，它的常开（或常闭）触点闭合（或断开），从而达到接通或断开控制电路的目的。当转速降至某一数值时（一般为 100r/min），它的常开、常闭触点复位。

速度继电器一般有两对常开常闭触点。一对用于电动机的正转，即在电动机正转速度达到 120r/min 时，常开触点闭合，常闭触点断开。当电动机停止时，其转速下降至 100r/min 时，常开触点复位断开，常闭触点复位闭合。同理，另一对触点用于电动机的反转控制。

速度继电器在机床控制中主要用于机床停止时的反接制动以及其他控制电路中将电动机的转速限制于某一数值。

常用的速度继电器有 JY1、JFZO 型。图 1-43 为 JY1 型速度继电器的结构示意图。

其转子的轴与被控制电动机的轴连接,而定子空套在转子上。当电动机转动时,速度继电器的转子随之转动,定子内的短路导体便切割磁场,产生感应电动势,从而产生电流;此电流与旋转的转子磁场作用产生转矩,使定子开始转动,当转到一定角度时,装在轴上的摆锤推动簧片动作,使常闭触头分断,常开触头闭合。当电动机转速低于某一值时,定子产生的转矩减小,触头在弹簧作用下复位。

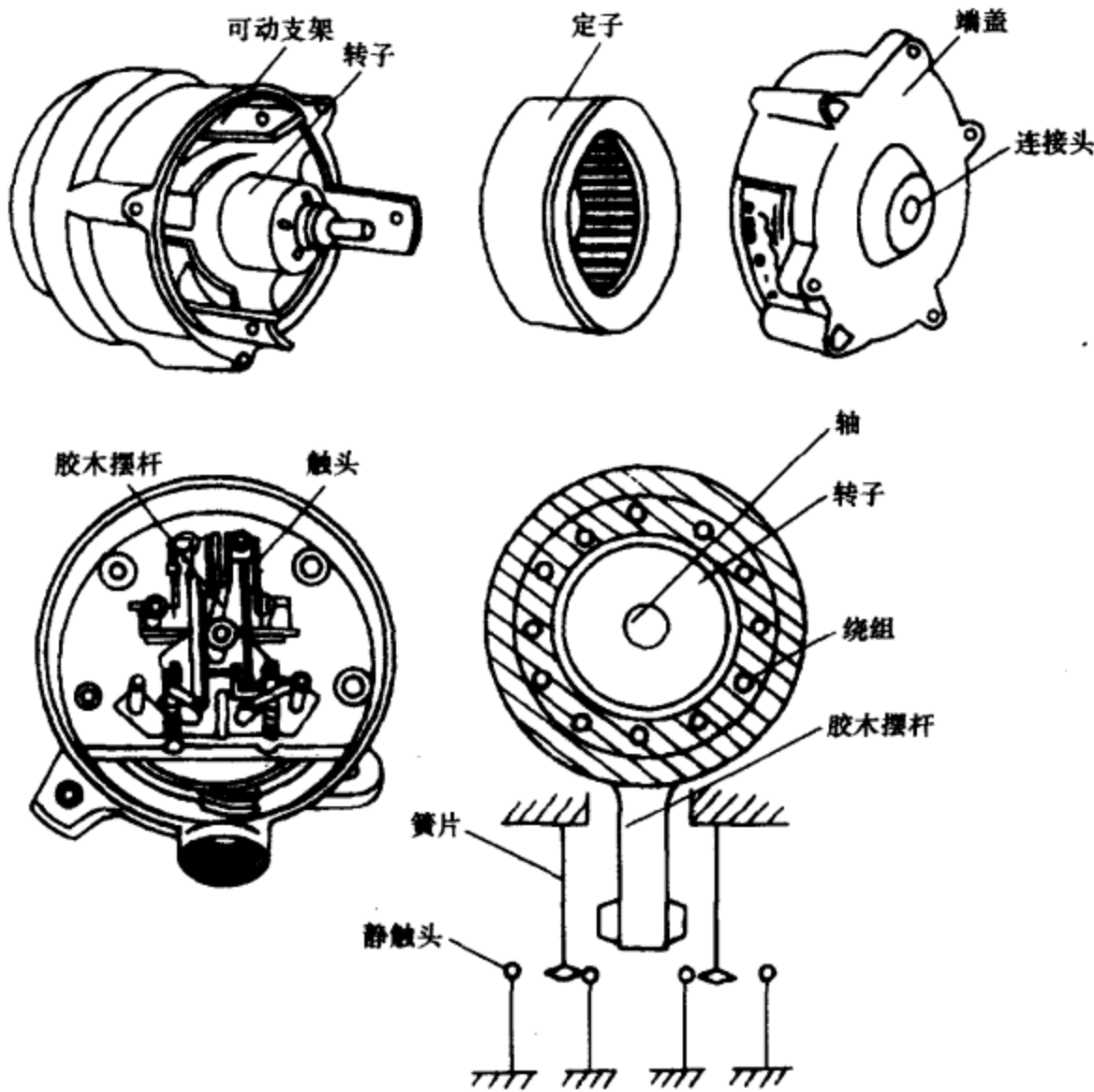


图 1-43 JY1 系列速度继电器结构示意图

速度继电器的符号如图 1-44 所示。

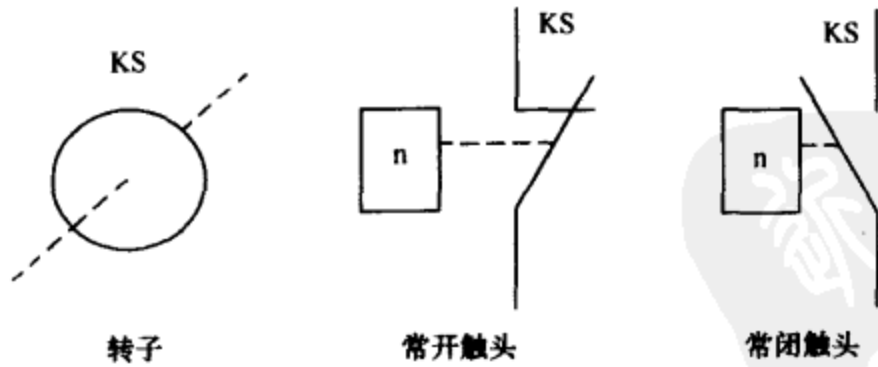


图 1-44 速度继电器的符号

五、压力继电器

压力继电器的输入量为压力。压力源有气压、水压和油压等。当系统压力达到一定

值时,压力继电器动作,从而由压力的变化控制所需控制的电路。压力继电器一般用于机床的气压、水压和油压系统中,在其他自动控制系统中也被广泛应用。常用的压力继电器有 YJ0、YJ1 型。压力继电器在电路中的符号如图 1-45 所示。

六、温度继电器

温度继电器是反映温度高低变化的继电器,它的输入量为温度。当温度高于某一数值时,继电器动作,用以控制所需控制电路的通、断。温度继电器一般用于测量电动机绕组的温升或其他重要元器件的温度并对其进行保护,以防由于温度太高而过热损坏。

常用的温度继电器有 JW1、JW2、JW3、JW4 系列。温度继电器在电路中的符号如图 1-46 所示。

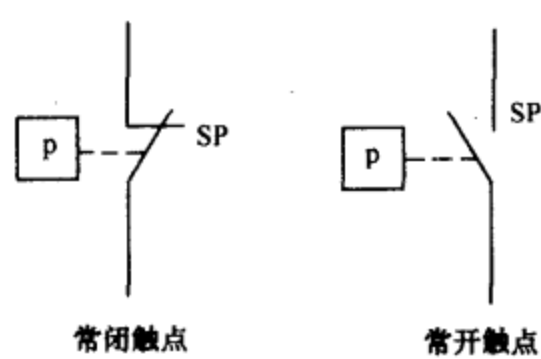


图 1-45 压力继电器的电路符号

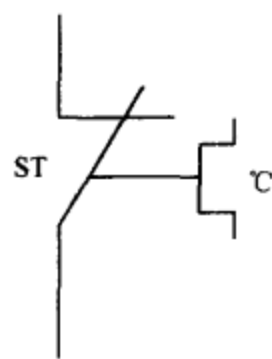


图 1-46 温度继电器在电路中的符号

第七节 其他常用低压电器

一、电磁铁

电磁铁在电气控制系统中是一种将电磁能转换为机械能的电器元件,它主要由接触器或继电器控制其电源的通断。电磁铁有直流和交流之分,常用的电磁铁按其作用可分为牵引电磁铁、制动电磁铁和阀用电磁铁等。

电磁铁在电路中的符号如图 1-47 所示。



图 1-47 电磁铁在电路中的符号

1. 牵引电磁铁

牵引电磁铁在电气控制系统中主要用做推斥或牵引机械装置。它主要由铁芯、衔铁及线圈组成。线圈通电后,由铁芯吸引衔铁,对机械装置进行牵引。常用的牵引电磁铁有 MQ1、MQ3 系列。

2. 制动电磁铁

制动电磁铁和牵引电磁铁没有本质上的区别,也都是由线圈通电后,铁芯产生吸力,吸引衔铁,由衔铁牵引抱闸装置,对电动机进行抱闸或松开抱闸。制动电磁铁有交、直流之分,有单相和三相之分,还有通电抱闸和断电抱闸之分。一般情况下采用断电抱闸电磁

铁,即电动机通电时,制动电磁铁线圈也得电,此时抱闸松开;当电动机失电时,制动电磁铁线圈也失电,抱闸装置在弹簧力的作用下,将电动机轴抱住,制动电动机,使电动机迅速停转。

制动电磁铁一般用于起重、机床控制等制动中,常用的有单相电磁铁 MZD1 系列及三相电磁铁 MZS1 系列。

3. 阀用电磁铁

阀用电磁铁主要应用于电磁换向阀中。电磁换向阀在机床的液压系统中常用来改变液体的流动方向、液体分配、接通及关闭油路等。阀用电磁铁有交流和直流之分,视其控制系统所用电源而选定。

二、常用起动器

1. 磁力起动器

磁力起动器是在交流接触器的基础上生产出来的,内部由交流接触器及热继电器组成,因此,磁力继电器除具有交流接触器的特点外,还具有过载保护功能。

在磁力起动器中,交流接触器用来闭合或分断电源电路,并配有熔断器进行短路保护;而热继电器则用作过载保护,当电动机过载时,工作电流超过额定电流,能自行切断电源,避免了电动机的过热损坏。

常用的磁力起动器的主要有 QC1 及 QC10 型。热继电器常用的型号为 JR15 型,它主要由加热元件、双金属片、推板、推杆、动静触头等零部件组成。它组装在磁力起动器中时,将热继电器的两个加热元件串接于主电路中,如图 1-48 所示。

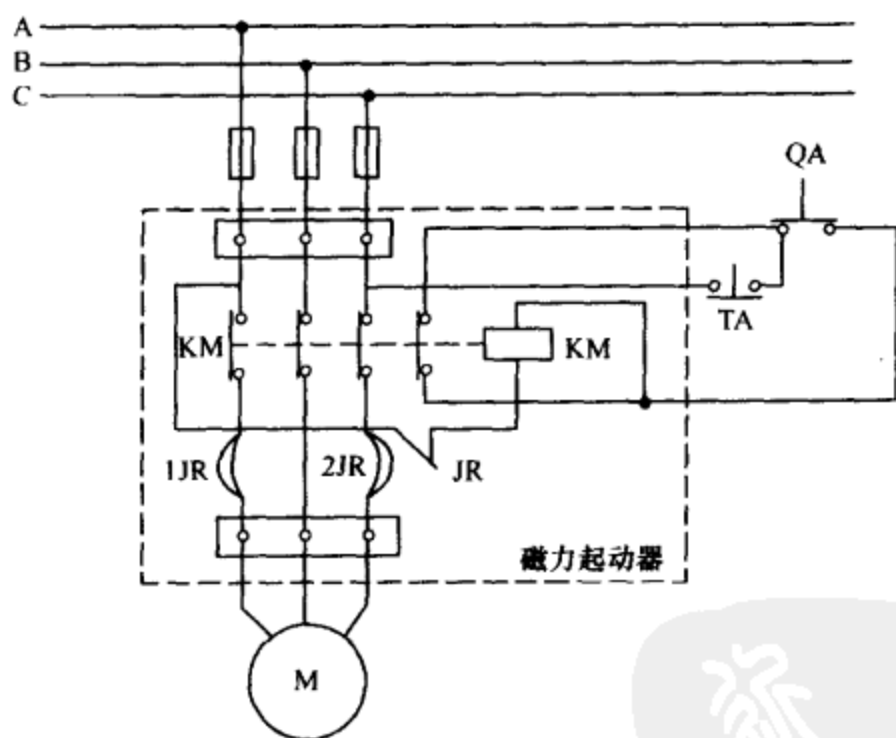


图 1-48 磁力起动器

图中,半圆弧表示加热元件 1JR、2JR;在控制电路中有一个常闭的动断触点 JR。热继电器的动作原理,是根据膨胀系数不同的两种金属压合在一起而成的双金属片,当受热膨胀变形后,按照一定方向弯曲而移动,推动推板、推杆等使闭合的动静触头打开,从而切断电源来实现的。当电动机过载时电流变大,大电流使加热元件 1JR、2JR 加热,双金属片变形推动有关零部件动作,使其常闭触点 JR 断开,于是接触器 KM 线圈失去电流,就

自动地将主电路断开,达到保护电动机的目的。热继电器中还设有其他功用的一些装置,比如信号装置,当继电器动作时信号装置的接点接通,从而发生事故信号;又如复位装置,按动它可使动断触头恢复原来位置(简称复位),即达到静动触头接合状态。

虽然热继电器具有过载保护功能,但它却不具备短路保护的功能。因为短路电流虽然很大,但从热元件发热使双金属片弯曲变形直到推动各机构动作使电路切断电源,需要一段时间,在这段时间内很大的短路电流足以烧毁电动机。所以使用磁力起动器时,必须主电路中装置适当的熔断器作为短路保护。为此在实际工作中,在磁力起动器与电源之间应安装一刀闸开关。这样在刀闸中可安装熔断丝,同时,当检修磁力起动器时,还可拉开刀闸,使磁力起动器脱离电源,保护维修安全。

磁力起动器按所控制电动机的功率大小分类,有1个~7个等级,并有开启式及保护式两种。磁力起动器的额定电压分为36V、110V、127V、220V、380V及500V六个等级。

2. 星三角起动器

星三角起动器是电动机降压起动设备之一,适用于定子绕组做三角形连接的笼型电动机的降压起动。它在电动机起动时将绕组连接成星形,使每相绕组从380V线电压降低到220V相电压,从而减小起动电流。当电动机转速升高接近额定值时,通过手动或自动将其绕组切换成三角形连接,使电动机每相绕组在380V线电压下正常运行。

星三角起动器的体积小,成本低,寿命长,动作可靠,因此,三角起动器得到了广泛的应用。星三角起动器有铁壳式及油浸式两种。其中,铁壳式起动器,操作手柄在壳体外部,通断电路的触头在壳体里面,因此操作较为安全。铁壳式星三角开关实际上就等于一个倒顺双掷开关,不能切断大电流,所以只能用于起动较小容量的电动机。油浸式星三角起动器的触头浸渍在绝缘油中,操作时所引起的电弧能够很快熄灭,因此可以用于较大容量的电动机。

为了接线方便,铁壳有专用的出线孔,能引出9根线,并每根线头上都有标记:接电源的为L1、L2、L3或标A、B、C;接电动机的为D1、D2、D3、D4、D5、D6或标1、2、3、4、5、6,这种起动器由于有9根线,因此也称九线闸。手柄搬动的位置有三种:0、Y、 Δ 。电动机停止时手柄在0位置;起动时手柄扳到Y位置;使电动机起动起来接近额定转速时,手柄扳至 Δ 位置,电动机进入正常运行状态。

常用的铁壳式起动器型号有QX1—13和QX1—30两种。QX1—13型没有灭弧罩,只能起动13kW以下的电动机。

注意事项 利用星三角起动器的电动机,不管其容量如何,都必须在正常运行时三相绕组是三角形接线;对于星形接线的电动机,不能用星三角起动器。

3. 起动补偿器

起动补偿器是电动机起动时利用自耦变压器降低电动机电压的起动设备。将电源接在自耦变压器的高压侧,其低压侧接电动机。整个补偿器全装在一个壳体中,外壳右侧有停止按钮和操作手柄。如需停机,按一下停止按钮即可。操作手柄有“停止”、“起动”、“运行”三个位置。外壳的右侧又有出线孔,以便电动机与电源的导线穿入壳内接线。壳体背部有支架,可以安装在墙上。补偿器的底部是油箱,其内装满绝缘油,主触头浸在油中,以便触头切断电源时产生的电弧可以被熄灭。补偿器主要由自耦变压器、保护装置、触头机构和操作部件组成。保护装置有过载保护和欠压保护两种。过载保护是利用双金属片热

继电器来完成,也有的用过电流继电器的,当电流增大到额定电流 1.2 倍时,可以自动跳闸停机。欠压保护是利用专用的铁芯线圈吸引衔铁来实现的。铁芯线圈跨接在两相之间,在正常电压下铁芯线圈所产生的电磁吸力,足以吸住衔铁;当电源电压降低到额定电压的 65%~35%,线圈磁场因电压过低而大大减弱,因此就吸不住衔铁,且通过操作机构补偿器跳闸,防止电动机因电压太低而烧坏。当电源突然停电时,也可使补偿器掉闸,这样在恢复供电时,可以防止电动机全压起动而发生事故。补偿器还安装有连锁机构,它的作用是防止误操作。当手柄放在“停止”位置时,如果错误地将手柄从停止位置推向“运行”位置时,连锁机构会挡住手柄不能实现;只有先把手柄推向“起动”位置,然后才能到“运行”位置,从而可以防止因误操作而造成电动机直接起动故障。

使用较多的补偿器主要有 QJ2 及 QJ3 两种系列。补偿器因内部有油,因此,安装时不要倾斜,一般倾斜度不应超过 5°。正常运行时保护触头浸在油内,保证油的清洁,防止水分和杂物侵入等。使用时应当注意的是抽头位置:QJ3 系列有个两抽头(65%、80%),出厂时接在 65%抽头上;QJ2 系列有三个(73%、64%、55%)抽头,出厂时接在 73%抽头上。

三、频敏变阻器

频敏变阻器是一种广泛用于使绕线式异步电动机平滑起动的变阻器。它的结构类似没有副绕组的三相变压器,但铁芯由 E 形和条形(作磁轭用)厚钢板叠装而成,有时条形磁轭用整块低碳钢制成,在 E 形铁芯和磁轭之间有非磁性垫片,可以调整磁路的气隙长度;绕组有几个抽头供选用,三相绕组一般接成星形(Y)连接。BP1 系列频敏变阻器的外形和结构原理图如图 1-49 所示。

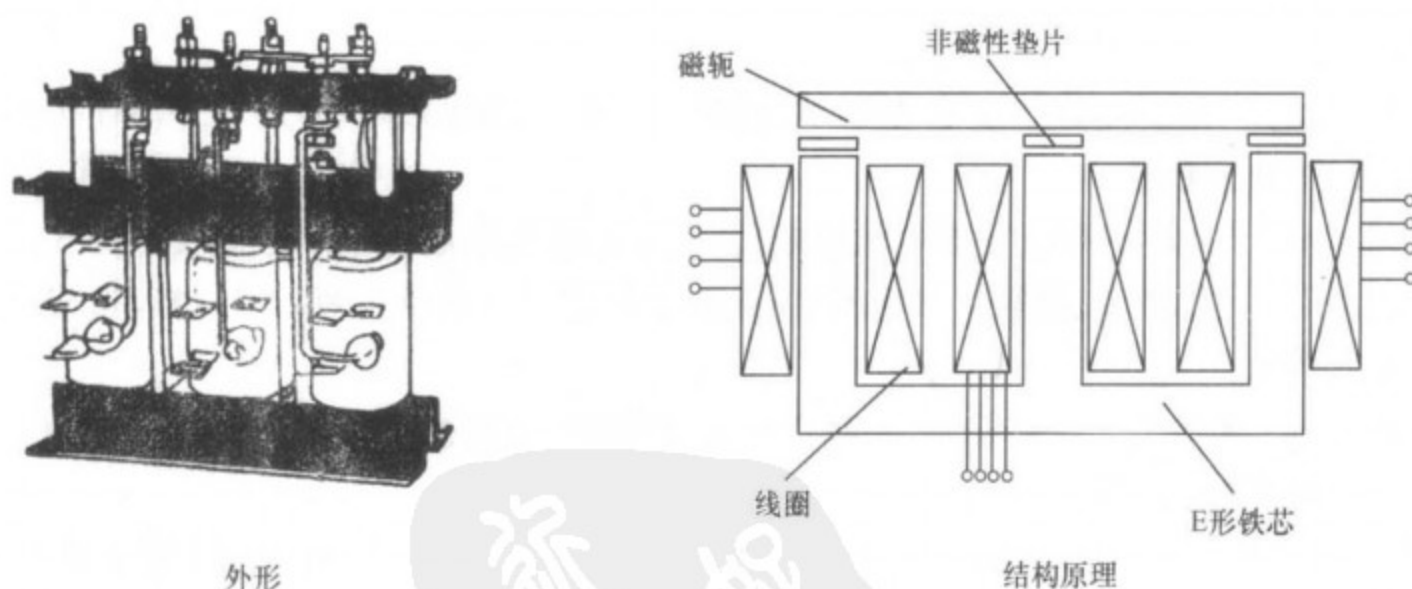


图 1-49 频敏变阻器的外形与结构原理图

频敏变阻器的三相绕组通入交流电时,在铁芯中产生交变磁通,因为铁芯是采用厚钢板作成,所以磁滞涡流损耗很大,那么绕组的励磁电阻就很大。交流电的频率越高,产生的磁滞涡流越大,绕组的励磁电阻就越大,也就是频敏变阻器的等效阻值越大。

频敏变阻器接入绕线式异步电动机的转子回路后,在电动机刚起动时,转子回路的电流频率最高,等于交流电源的频率,这时频敏变阻器的等效阻值最大,既限制起动电流,又增大起动转矩;随着转子转速的升高,转子电流频率逐渐降低,频敏变阻器的等效阻值也

逐渐减小。因此,电动机在整个启动过程中能始终保持较大的电磁转矩。电动机启动结束后,转子电流频率很低,频敏变阻器的等效阻值也很小,自动不起作用,这时频敏变阻器便从转子回路中切除。

频敏变阻器有 BP1、BP2、BP4 和 BP6 等几个系列。其中 BP2 系列适用于轻载偶尔启动;BP4 系列适用于重载偶尔启动;BP6 系列是改进型产品,它的功率因数在相同条件下优于其他系列。

第八节 典型低压电器故障检修

一、低压开关的维修

1. 刀开关的维修

当刀开关出现故障时,主要检查以下几个方面。

- (1) 负荷电流是否超过刀开关的额定值。
- (2) 刀开关是否有动、静触头连接不实及动静触片闭合不够或开关合闸不到位的故障。
- (3) 刀开关电源侧和负荷侧进出线端子与开关连接处是否压接牢固,有无接触不实、过热变色等现象。

(4) 动、静触头有无烧伤及缺损,灭弧罩是否清洁完整。

(5) 刀开关三相闸刀在分合闸时,是否同时接触或分开,触头接触是否紧密。

(6) 操作机构是否完好,动作是否灵活,分、合闸位置是否准确到位等。

维修时,可根据检查情况针对性地进行修理。

2. 组合开关的维修

组合开关常见故障原因有:

(1) 由于开关固定螺丝松动,旋转操作频繁,引起导线压接松动,造成外部连接点放电、打火、烧蚀或断路。

(2) 开关内部的转轴上扭簧松软或断裂,使开关动触片无法转动,改变接点位置。

(3) 开关内部的动、静触片接触不良,或开关额定电流小于负荷回路电流,造成内部接点起弧烧蚀。

针对以上现象对症排除,必要时将开关解体检修或更换新开关。

3. 自动开关的维修

自动空气开关是一种比较复杂的低压电器,它集控制、保护于一身,除正常选用外,尚需妥善维修。

当自动开关出现故障时,主要检查以下几个方面。

- (1) 检查所带的正常最大负荷是否超过自动开关的额定值。
- (2) 检查触头系统和导线连接点处有无过热现象,特别对有热元件保护装置的,更应注意。
- (3) 检查分合闸状态是否与辅助触头所串接的信号指示灯相符合。
- (4) 监听自动开关在运行中有无异常声响。
- (5) 检查传动机构及相间绝缘主轴的工作状态,看前者有无变形、锈蚀、销钉松脱现

象,后者有无裂痕、表层剥落和放电现象。

(6) 检查脱扣器工作状态,如:整定值指示位置是否与被保护负荷相符,电磁铁表面及间隙是否清洁,弹簧的外观有无锈蚀、线圈有无过热及异常声响等。

(7) 检查灭弧罩的工作位置是否因受振动而移动,外观是否完整,有无喷弧痕迹和受潮情况。

(8) 遇有灭弧罩损坏,不论多相还是一相,均应停止使用。

(9) 如发生长时间的负荷变动,需要相应调节过电流脱扣器的整定值,必要时应更换设备或附件。

(10) 自动开关因发生短路故障而掉闸或遇有喷弧现象时,除排除故障外,还应对开关解体检修,重点是触头系统和灭弧罩。

自动开关的定期维护及检修内容如下:

(1) 取下灭弧罩,检查灭弧栅片的完整性,清除表面的烟痕和金属细末,保持外壳完整无损。

(2) 检查触头表面,清除烟痕,用细锉或细砂布打平接触面,并须保持触头原有形状。如果触头的银钨合金表面烧伤超过 1mm 时应更换新触头。

(3) 检查触头的压力,有无因过热而失效,调节三相触头的位置和压力,使其保持三相同步闭合,并保证接触面积完整,接触压力一致。

(4) 用手动缓慢分、合闸,检查辅助触头的常闭、常开触点的工作状态是否合乎要求,并检查辅助触头的表面是否损坏。

(5) 检查脱扣器的衔铁和拉簧活动是否正常,动作应无卡阻,磁铁工作极表面应清洁平滑,无锈蚀、毛刺和污垢。热元件的各部位有无损坏,其间隙是否正常。

(6) 机构各个摩擦部件应定期涂润滑油。

全部检修完毕后,应做几次传动实验,检查是否正常,特别对于两个开关之间的电气连锁系统,要确保动作无误。

二、接触器的维修

1. 接触器的检查

接触器使用寿命的长短,不仅取决于产品本身的技术性能,而且与使用维护是否符合要求有很大关系。运行部门应制定有关制度,对运行中的接触器进行定期保养,以延长使用寿命和确保安全。接触器检查与维修项目如下:

(1) 外观检查 看接触器外观是否完整无损,固定是否松动。

(2) 灭弧罩检查 取下灭弧罩仔细查看有无破裂或严重烧损;灭弧罩内的栅片有无变形或松脱,栅孔或缝隙是否堵塞;清除灭弧室内的金属飞溅物和颗粒。

(3) 触头检查 清除触头表面上烧毛的颗粒;检查触头磨损的程度,严重时应更换。

(4) 铁芯的检查 铁芯端面要定期擦拭,清除油垢保持清洁;检查铁芯有无变形。

(5) 线圈的检查 观察线圈外表是否因过热而变色;接线是否松脱;线圈骨架是否破碎。

(6) 活动部件的检查 检查可动部件是否卡阻;坚固体是否松脱;缓冲件是否完整等。

2. 触头的维修

触头担负着接通和分断电路的作用,也是接触器中比较容易损坏的部件。触头的常见故障有触头过热、磨损和熔焊等情况。

(1) 触头过热 造成触头发热的主要原因有:触头接触压力不足;触头表面接触不良;触头表面被电弧灼伤烧毛等。以上原因都会使触头接触电阻增大,使触头过热。

维修时,应将触头表面的油污、积垢或烧毛用小刀刮去。

(2) 触头磨损 触头磨损有两种:一种是电气磨损,由于触头间电弧或电火花的高温使触头金属汽化和蒸发所造成;另一种是机械磨损,由于触头闭合时的撞击、触头表面的相对滑动摩擦等造成。

维修时,当触头磨损至原有厚度的 $2/3$ (铜触头)或 $3/4$ (银或银合金触头)时,应更换新触头。若发现磨损过快,应查明原因。

(3) 触头熔焊 动、静触头接触面熔化后被焊在一起而不断开的现象,称为触头的熔焊。当触头闭合时,由于撞击和产生振动,在动、静触头间的小间隙中产生短电弧,电弧的高温使触头表面被灼伤甚至烧熔,熔化的金属液便将动、静触头焊在一起。发生触头熔焊的常见原因:选用不当,触头容量太小;负载电流太大;操作频率过高等。

维修时,应更换新触头。

3. 电磁系统的维修

(1) 衔铁振动和噪声 产生振动和噪声的主要原因有:短路环损坏或脱落;衔铁歪斜或铁芯端面有锈蚀、尘垢,使动、静铁芯接触不良;反作用弹簧压力太大;活动部分机械卡阻而使衔铁不能完全吸合等。

(2) 线圈过热或烧毁 线圈中流过的电流过大时,就会使线圈过热甚至烧毁。发生线圈电流过大的原因有以下几个方面:线圈匝间短路;衔铁与铁芯闭合后有间隙;操作频繁,超过了允许操作频率;外加电压高于线圈额定电压等。

(3) 衔铁不释放 当线圈断电后,衔铁不释放,应立即断开电源开关,以免发生意外事故。衔铁不释放的原因主要有:触头熔焊在一起;铁芯剩磁太大;反作用弹簧弹力不足;活动部分机械上被卡住;铁芯端面有油污等。上述原因都可能导致线圈断电后衔铁不能释放,触头不能复位。

(4) 衔铁不能吸合 当交流线圈接通电源后,衔铁不能吸合时,应立即切断电源,以免线圈被烧毁。衔铁不能吸合的原因有:线圈引出线脱落、断开或烧毁;电源电压过低;活动部分卡阻。

三、继电器的维修

1. 热继电器的维修

热继电器的检查与维修内容如下:

(1) 检查负荷电流是否和热元件的额定值相配合。

(2) 检查热继电器与外部连接点有无过热现象。

(3) 检查与热继电器连接的导线截面是否满足要求,有无因发热而影响热元件正常工作的现象。

(4) 检查继电器的运行环境温度有无变化,温度有无超过允许范围。

(5) 检查热继电器动作情况是否正确。

(6) 检查热继电器周围环境温度与被保护设备周围环境温度差值,若超出 $\pm 15^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 25^{\circ}\text{C}$ 范围时,应调换大一号等级热元件(或小一号等级的热元件)。

2. 时间继电器的维修

电气自动控制中常用的时间继电器多为空气式时间继电器,它的电磁系统和触头的故障及维修同接触器类似。另外主要是空气室所造成延时不准确的故障。空气室如果经过拆卸后再重新装配时,密封不严或者漏气,就会使动作延时缩短,甚至不产生延时。另外,如果在拆卸过程中或因其他原因,有灰尘进入空气道中,使空气通道受到阻塞,时间继电器的延时就会延长。出现这种故障时,可拆开空气室,清除灰尘,故障即可排除。

长期不用的时间继电器,第一次使用时延时可能长一些;环境温度发生变化时,对延时的长短也有影响。

四、熔断器的维修

一般熔体在小截面处熔断且熔断部位较短是因过负荷引起;而大截面部位被熔化无遗、熔断丝爆熔或熔断部位很长,一般为短路引起。当发现熔断器损坏时,需要进行更换。但在更换前,一定要查明烧断的原因,以免使故障扩大。

五、按钮的维修

按钮是一种以短时接通或分断小电流电路的电器,它不直接去控制主电路的通断,而在控制电路中发出“指令”,去控制接触器、继电器等电器,再由它们去控制主电路。

按钮常见故障主要有以下几种。

(1) 按起动按钮时有麻电感。主要原因是按钮的缝隙钻进了金属粉末或铁屑等,或按钮防护金属外壳接触了带电导线。

(2) 按停止按钮时不能断开电源。主要原因是铁屑或金属粉末短接了动断触头,或按钮盒烧焦炭化。

维修时,应根据故障现象,查明原因,对症检修。

第二章 电动机基本控制电路

各种生产机械设备如车床、铣床、磨床、刨床、钻床、风机、水泵、起重机等,一般是由电动机来拖动的,为了使电动机按照生产的要求进行起动、制动、正反转和调速等,必须配备一定的控制线路对电动机进行控制才能达到目的。在生产实践中,控制线路不管是简单的还是复杂的,一般都是由几个基本控制电路组成的。电动机基本控制线路有以下几种:起动控制、调速控制和制动控制等。因此,掌握好电动机基本控制电路具有重要的意义。

第一节 三相异步电动机的起动控制

一、鼠笼异步电动机直接起动控制

笼型异步电动机的直接起动也称全压起动,它是一种简单、可靠、经济的起动方法。由于直接起动电流可达到电动机额定电流的 4 倍~7 倍,过大的起动电流会造成电网电压显著下降,直接影响在同一电网工作的其他电动机,甚至使它们停转或无法起动,故直接起动电动机的容量受到一定限制,可根据起动次数、电动机容量、供电变压器容量和机械设备是否允许来分析。一般容量小于 10kW 的电动机可直接起动。

1. 采用开关直接起动

采用闸刀开关、转换开关或铁壳开关控制电动机直接起动和停止的线路如图 2-1 所示。

当合上开关 QS 接通三相电源时,电动机开始起动,起动结束后进入稳定运行;当拉开开关 QS 分断电路时,电动机停止运行。

采用开关直接起动的电路仅适用于不频繁起动的小容量电动机,它不能实现远距离控制和自动控制,也不能实现零压、欠压和过载保护。

2. 采用接触器点动控制

对于容量稍大或者起动频繁的电动机,接通与断开电路应采用交流接触器。图 2-2 为采用接触器点动控制电动机的线路。

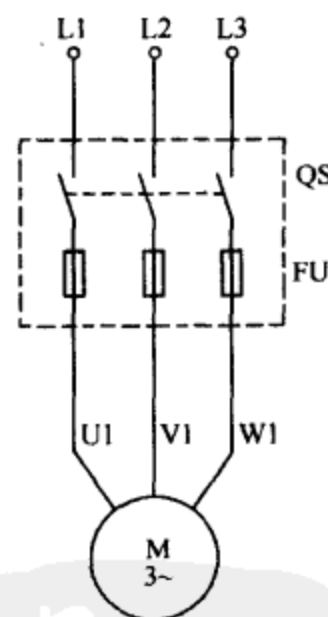


图 2-1 采用开关直接起动线路

整个控制线路可分成主电路和控制电路两部分。主电路是从电源 L1、L2、L3 经电源开关 QS、熔断器 FU1、接触器 KM 的主触点到电动机 M 的电路,流过的电流较大。控制电路由熔断器 FU2、按钮 SB、接触器 KM 线圈组成。

线路的工作原理如下:合上电路总开关 QS,按下电动机 M 的点动按钮 SB,接触器 KM 线圈通电。其通电回路为:电源 L1→转换开关 QS→熔断器 FU1→熔断器 FU2→1

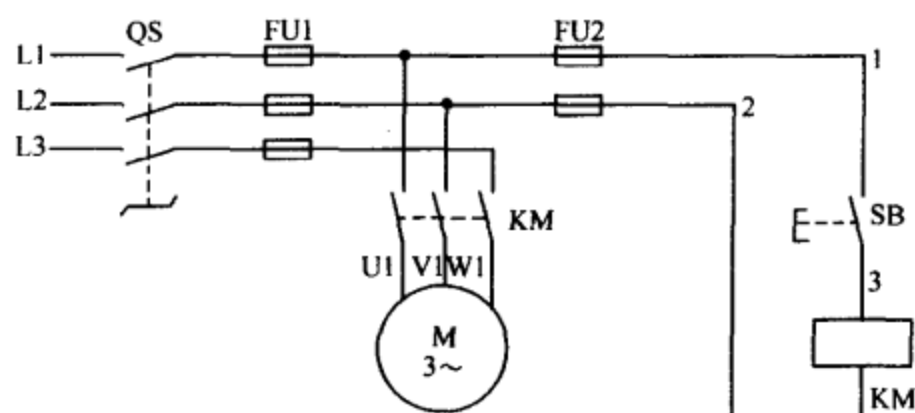


图 2-2 点动控制线路

号线→按钮 SB→接触器 KM 线圈→2 号线→熔断器 FU2→熔断器 FU1→转换开关 QS→电源 L2。接触器 KM 线圈得电后,其主电路中接触器 KM 主触点闭合,接通电动机 M 的三相电源,电动机起动运转。松开按钮 SB,接触器 KM 线圈失电释放,其主电路中的主触点断开,切断电动机的三相电源,电动机 M 停转。

从以上分析可知,当按下按钮 SB,电动机 M 起动单向运转,松开按钮 SB,电动机 M 就停止,从而实现“一点就动,松开不动”的功能。

重点提示 读图时,先读主电路,再读控制(辅助)电路。

主电路是指给电动机供电的那部分电器,以传递能量为主,电流较大。控制电路是由接触器线圈、辅助触点、继电器、按钮及其他控制电器组成的电路,用来完成信号传递及逻辑控制,并按一定规律来控制主电路工作,电流较小。读主电路时,可以自下而上,也可以自上而下;读控制电路时,应注意其电源是如何引入的,借助于控制电器的原理,搞清各控制电器之间的逻辑关系。

3. 采用接触器长动控制

采用接触器长动(连续)运转控制线路如图 2-3 所示。

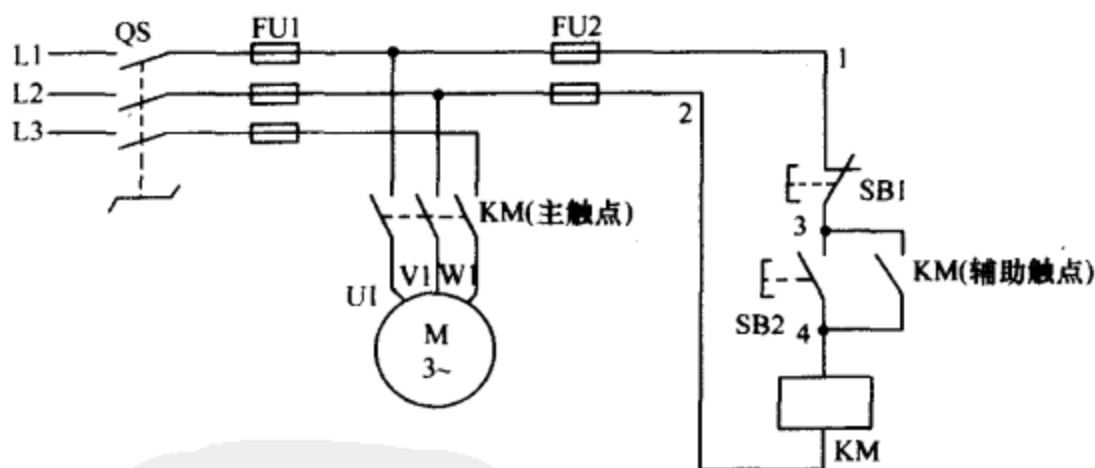


图 2-3 长动控制线路

主电路由转换开关 QS、熔断器 FU1、接触器 KM 主触点、电动机 M 组成;控制电路由熔断器 FU2、停止按钮 SB1、起动按钮 SB2、接触器 KM 线圈和动合辅助触点组成。

线路的工作原理如下:合上电源总开关 QS,按下起动按钮 SB2,接触器 KM 线圈得电。其通电回路为:转换开关 QS→熔断器 FU1→熔断器 FU2→1 号线→停止按钮 SB1→起动按钮 SB2→接触器 KM 线圈→2 号线→熔断器 FU2→熔断器 FU1→转换开关 QS→电源 L2。接触器 KM 线圈得电后,其主电路中接触器 KM 主触点闭合,接通电动机 M 的

三相电源,电动机起动运转。同时并接在 3、4 线之间接触器 KM 的辅助触点闭合,并形成自锁。

当松开起动按钮 SB2 时,由于并接在 2 线及 3 线之间 KM 的辅助常开触点闭合自锁,接触器 KM 通过以下途径保持得电:转换开关 QS→熔断器 FU1→熔断器 FU2→1 号线→停止按钮 SB1→接触器 KM 辅助触点→接触器 KM 线圈→2 号线→熔断器 FU2→熔断器 FU1→转换开关 QS→电源 L2。此时电动机 M 保持连续运行。

当需要电动机 M 停止时,按下停止按钮 SB1,接触器 KM 线圈回路电源被切断失电,电动机 M 停转。

重点提示 当起动按钮 SB2 松开时,由于与之并联的接触器 KM 辅助常开触点和主触点同时闭合,因而使接触器线圈电路仍然接通,主触点保持闭合位置,电动机继续运转。故称 KM 的这个辅助触点为自锁触点。

电动机在运行过程中,如果负载过大,电动机的电流将超过它的额定值,若持续时间较长,电动机的温升就会超过允许的温升值,将使电动机的绝缘损坏,甚至烧坏电动机。所以,对电动机过载需要采取保护措施。图 2-4 为采用保护措施的长动控制线路。

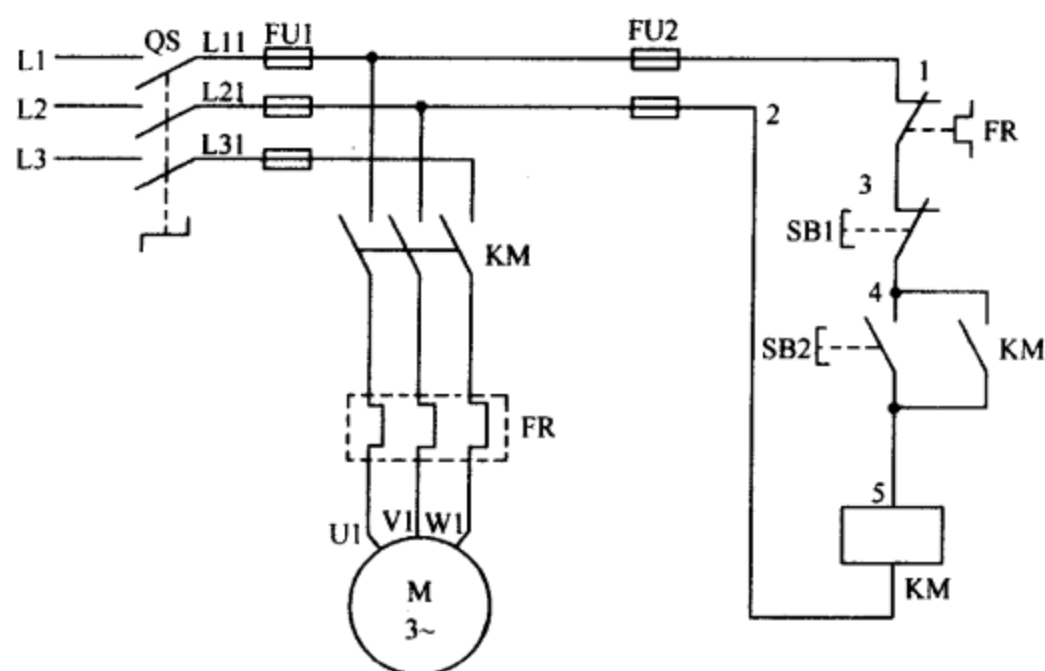


图 2-4 采用保护措施的长动控制线路

图 2-4 中,主要采取以下几点保护措施。

(1) 短路保护 熔断器 FU1、FU2 起短路保护。一旦发生短路事故,熔断丝立即熔断,电动机立即停车。

(2) 过载保护 热继电器 FR 起过载保护,FR 的辅助常闭触点串接在控制电路的 1、3 线之间,当电动机过载运行时,电路中的电流增大,通过热继电器 FR 热元件的电流增大,热元件发热量增大,使热继电器中的双金属片弯曲的程度增大,从而推动机械装置使串接在控制电路中 1、3 线之间 FR 的辅助常闭触点断开,切断接触器 KM 线圈回路的电源,起到对电动机 M 的过载保护。

重点提示 由于热惯性,热继电器不能做短路保护。因为发生短路事故时,要求电路立即断开,而热继电器是不能立即动作的。

(3) 零压保护 也称失压保护,是指当电源暂时断电或电压严重下降时,电动机自动从电源切除。交流接触器 KM 起零压保护。因为此时电磁吸力小于弹簧释放力,接触器

的动铁芯释放而使主触点断开。当电源电压恢复正常时,如不重按起动按钮,电动机就不能自行起动,因为自锁触点已断开。

需要说明的是,若直接用组合开关起动和停止电动机时,由于停电时未及时断开开关,当电源电压恢复时,电动机即自行起动,可能造成事故。

4. 点动与长动混合的接触器控制线路

如果电动机有时既要点动控制,有时又要连续运转(长动)控制,那么可以把前面介绍的点动与长动控制电路结合起来,采用三个按钮和自锁触点,就可分别实现点动控制与长动运转控制。图 2-5 为点动与长动混合控制线路。

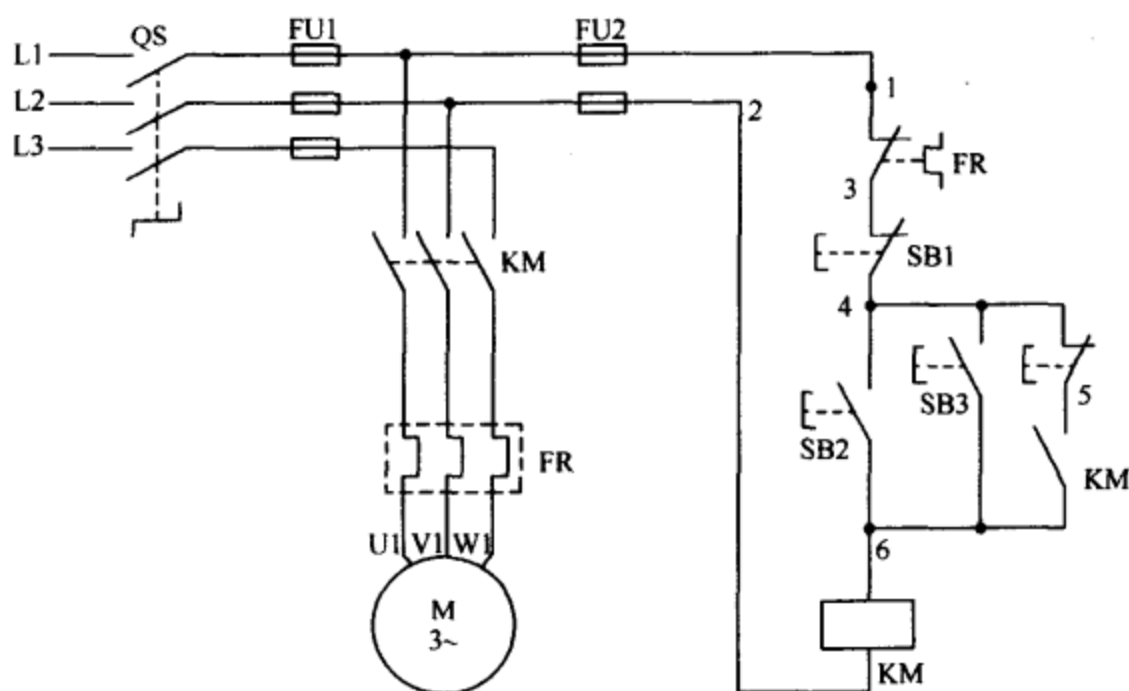


图 2-5 点动与长动混合控制线路

线路中,SB1 为连续运转的停止按钮,SB2 为连续运转的起动按钮,SB3 为点动控制的复合按钮。

需要点动控制时,合上电源开关 QS,按下点动复合按钮 SB3,它的动合触头闭合,使接触器 KM 线圈通电吸合,接触器 KM 主触点闭合,电动机 M 起动运转,与此同时复合按钮 SB3 的动断触头断开,使接触器 KM 的动合辅助触点起不了自锁作用。松开点动复合按钮 SB3 时,接触器 KM 线圈断电释放,接触器 KM 主触点断开,电动机 M 停止运转。

需要连续运转时,合上电源开关 QS,按下连续运转的起动按钮 SB2,接触器 KM 线圈通电吸合,接触器 KM 主触点闭合,电动机 M 起动运转,与此同时接触器 KM 动合触点闭合,而此时复合按钮 SB3 的动断触头闭合着,这时接触器的动合触点起了自锁的作用,当连续运转的起动按钮 SB2 松开后仍保持接触器 KM 线圈继续通电,从而使电动机 M 继续运转。

当按下连续运转的停止按钮 SB1 时,接触器 KM 因线圈断电而释放,接触器 KM 主触点和自锁触点断开,电动机 M 断电而停止运转。

二、鼠笼异步电动机降压起动控制

三相异步电动机直接起动的起动电流大,对供电变压器影响较大,容量较大的鼠笼异步电动机一般都采用降压起动。降压起动就是将电源电压适当降低后,再加入到电动机的定子

绕组上进行起动,待电动机起动结束或将要结束时,再使电动机的电压恢复到额定值。

降压起动的目的是为了减少起动电流,但电动机的起动转矩也将降低。因此,降压起动仅适用于空载或轻载下的起动。降压起动常用方法有:定子绕组串电阻(或电抗器)降压起动、星形—三角形降压起动和自耦变压器降压起动。下面分别介绍其控制线路。

1. 定子绕组串电阻(电抗器)降压起动

电动机起动时在三相定子电路中串入电阻(电抗器),使电动机定子绕组电压降低,限制了起动电流,待电动机转速上升到一定值时,将电阻(电抗器)切除,使电动机在额定电压下稳定运行。图 2-6 为定子串电阻降压起动控制线路。

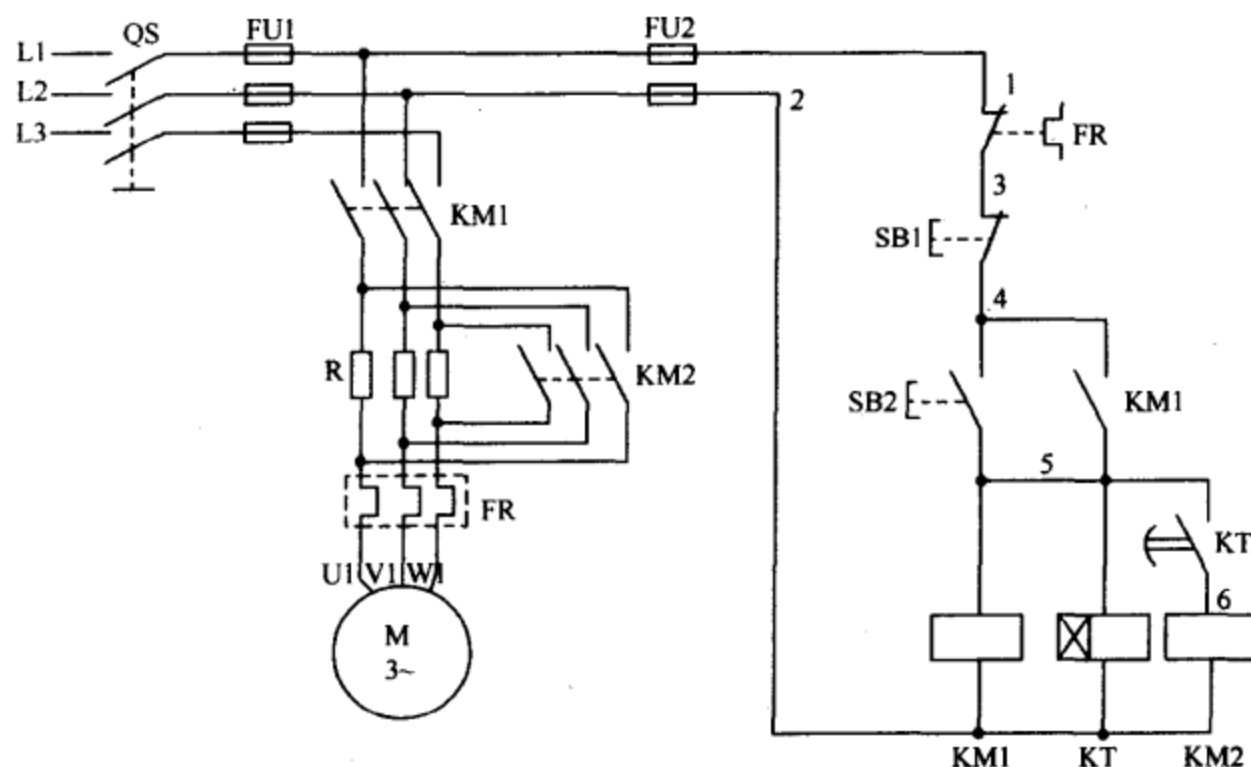


图 2-6 定子串电阻降压起动线路

串电阻降压起动的工作原理如下:合上电源开关 QS,按起动按钮 SB2,接触器 KM1 的线圈通电,接触器 KM1 的自锁触点(4-5)和主触点闭合,电动机串电阻起动。在接触器 KM1 的线圈通电的同时,通电延时的时间继电器 KT 的线圈也通电,经过延时时间后,KT 的动合触点(5-6)闭合,接触器 KM2 的线圈通电,接触器 KM2 的主触点闭合,将串接电阻切除,电动机接入正常电压,并进入正常稳定运行。

定子串电阻(电抗器)降压起动虽然降低了起动电流,但起动转矩也降低了,因此,这种起动方法只适用于空载或轻载起动。另外,采用这种起动方法起动,在电动机进入正常运行后,KM1、KT 始终通电工作,不但消耗了电能,而且增加了出现故障的概率。若发生时间继电器触点不动作的故障,将使电动机长期在减压下运行,造成电动机无法正常工作,甚至烧毁电动机。

2. 星形—三角形(Y-Δ)降压起动

星形—三角形降压起动是指电动机起动时,把定子绕组接成星形,以降低起动电压,限制起动电流;待电动机起动后,再把定子绕组改接成三角形,使电动机全压运行。凡是在正常运行时定子绕组做三角形连接的异步电动机,均可采用这种降压起动方法。

电动机起动时,接成星形,加在每相定子绕组上的起动电压只有三角形接法的 $\frac{1}{\sqrt{3}}$,起

动电流为三角形接法的 $\frac{1}{3}$, 起动转矩也只有三角形接法的 $\frac{1}{3}$ 。所以这种降压起动方法, 只适用于轻载或空载下起动。图 2-7 为星形—三角形降压起动控制线路。

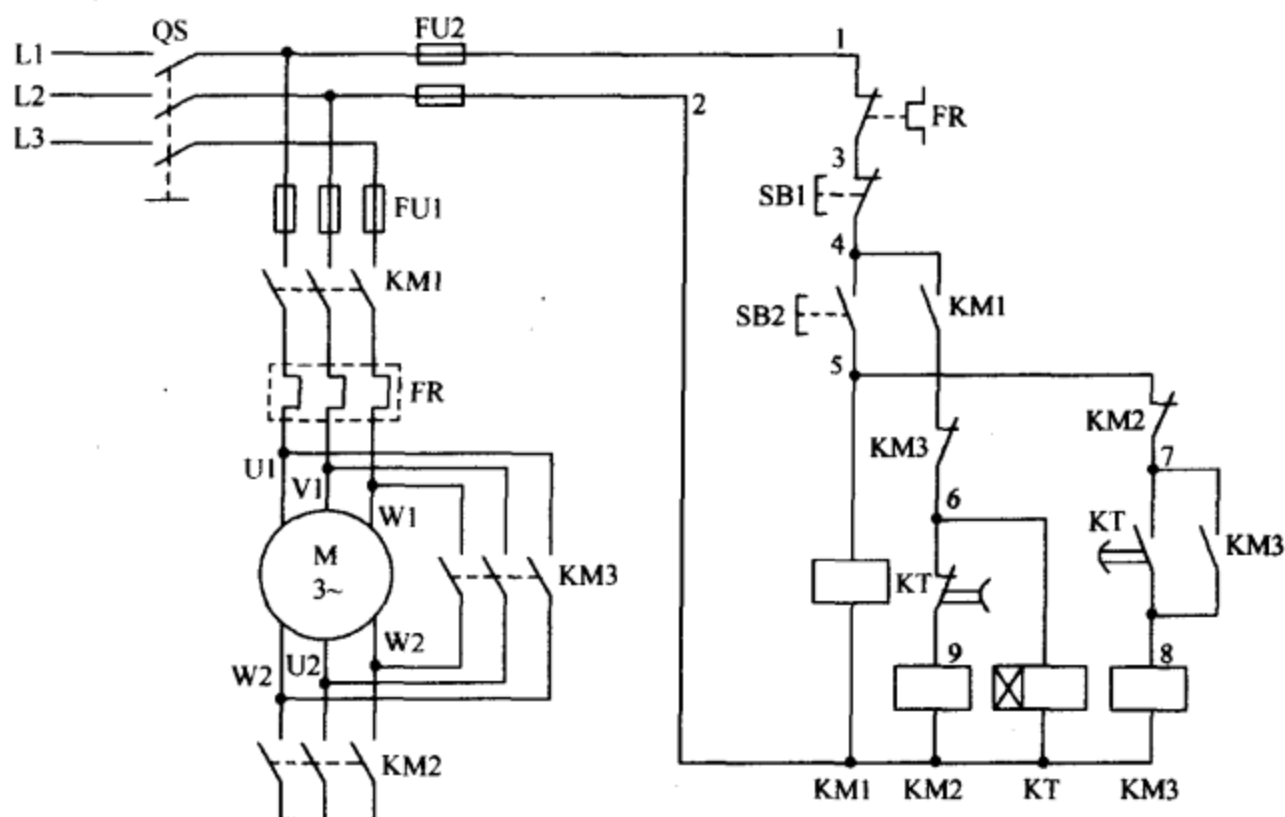


图 2-7 星形—三角形降压起动控制线路

Y-Δ降压起动控制线路的工作原理如下：合上电源开关 QS，按下起动按钮 SB2，这时，接触器 KM1、KM2、通电延时时间继电器 KT 线圈通电，接触器 KM1 主触点和自锁触点（4-5）闭合。KM2 主触点闭合，电动机按 Y 形接法起动，经过延时时间后，时间继电器 KT 的动合触点（7-8）闭合和动断触点（6-9）断开，使接触器 KM2 线圈断电，接触器 KM2 主触点断开，电动机暂时断电，同时接触器 KM2 互锁触点（5-7）闭合，使得接触器 KM3 线圈通电，接触器 KM3 主触点和自锁触点（7-8）闭合，电动机改为 Δ 形连接，然后进入稳定运行，同时接触器 KM3 互锁触点（5-6）断开，使时间继电器 KT 线圈断电。

重点提示 对于以上星形—三角形降压起动控制线路，在设计时要保证接触器 KM2 和 KM3 主触点不能同时闭合，这是因为开关 QS 合上电源，若接触器 KM2 和 KM3 同时闭合，意味着电源将被短路，这是不允许的。因此，设计时必须保证一个接触器吸合时，另一个接触器不能吸合，也就是说 KM2 和 KM3 两个接触器需要互锁。通常的方法是在控制线路中，接触器 KM2 与 KM3 线圈的支路里分别串联对方的一个动断辅助触点。这样，每个接触器线圈能否被接通，将取决于另一个接触器是否处于释放状态，如接触器 KM2 已接通，KM2 的动断辅助触点（5-7）把 KM3 线圈的电路断开，如接触器 KM3 已接通，KM3 的动断辅助触点（5-6）把 KM2 线圈的电路断开，从而保证 KM2 和 KM3 两个接触器不会同时吸合。这一对动断触点就叫做互锁触点。

3. 自耦变压器降压起动控制线路

自耦变压器降压起动是利用自耦变压器来降低起动时加在电动机定子绕组上的电压，达到限制起动电流的目的。起动时，电源电压加到自耦变压器的原边绕组上，电动机的定子绕组与自耦变压器的副边绕组连接，当电动机的转速达到一定值时，将自耦变压器

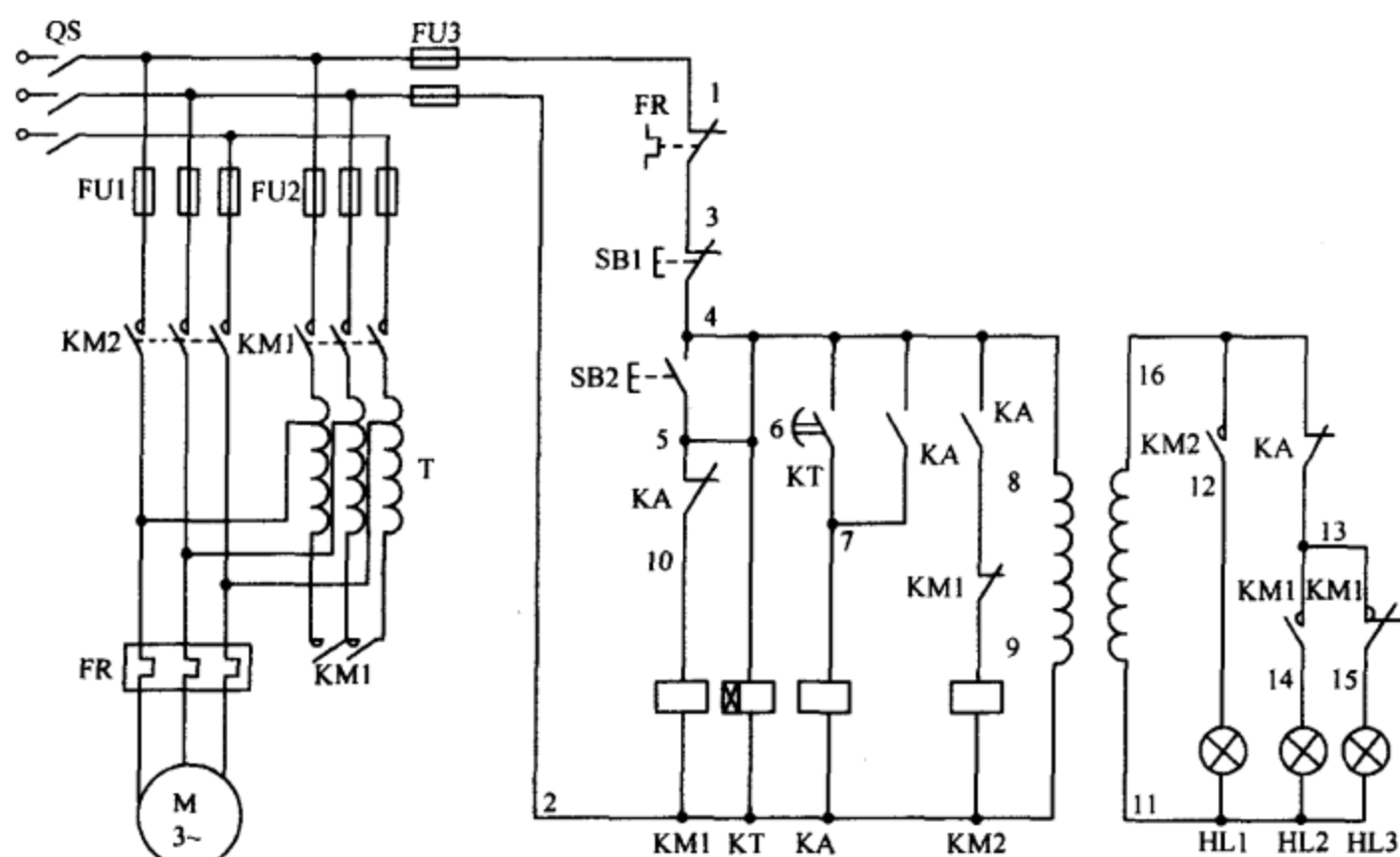


图 2-8 自耦变压器降压控制电路

由此可见,自耦变压器减压起动常用于电动机的空载或轻载起动。在自耦变压器的副边绕组上有多个抽头以获得不同电压比 K ,从而满足不同的起动场合。

自耦变压器降压起动控制线路工作原理如下：合上开关 QS，指示灯 HL3 亮，表明电源正常。按下起动按钮 SB2，KM1 和通电延时时间继电器 KT 同时得电吸合并自锁，将自耦变压器 T 接入，电动机定子绕组经自耦变压器 T 供电作减压起动，同时指示灯 HL2 亮、HL3 灭，显示电动机正在进行减压起动。KM1 的辅助动断触头 KM1(8-9)断开，使 KM2 不能得电，实现互锁。当电动机接近额定转速时，KT 的通电延时闭合的动合触头 KT(4-7)闭合，使 KA 得电吸合并自锁。KA 的动断触头 KA(5-10)断开，使 KM1 失电释放，将自耦变压器切除，KM1 已断开的动断触头 KM1(8-9)复位闭合，为 KM2 得电创造条件；同时 KA 的动合触头 KA(4-8)闭合，使 KM2 得电吸合，电源电压全部加在电动机定子绕组上进入正常运转，此时指示灯 HL2 灭、HL1 亮，表示电动机减压起动结束，进入正常运行。

自耦变压器减压起动适用于负载容量较大,正常运行时定子绕组连接成Y形而不能采用Y- Δ 起动方式的笼形异步电动机。但这种起动方式设备费用大,通常用于起动大型的和特殊用途的电动机。

需要说明的是,自耦变压器降压的抽头位置不同,起动电流和起动转矩的大小也不同。因此,可以通过改变抽头位置即调节自耦变压器的变比来改变起动电流和起动转矩的大小。

三、绕线式异步电动机起动控制

三相绕线式异步电动机的起动可以通过在转子绕组回路中串接电阻或频敏变阻器来减少起动电流,增加起动转矩。

1. 转子绕组串电阻起动

转子绕组串接的起动电阻,一般都接成Y形。起动开始时,起动电阻全部接入,以减少起动电流,随着电动机转速的上升,起动电阻逐段切除,起动结束时,起动电阻全部切除,电动机进入稳态运行。

绕线式异步电动机转子串电阻起动控制可以采用时间继电器控制,也可以采用电流继电器控制。图2-9为用时间继电器控制的起动线路。

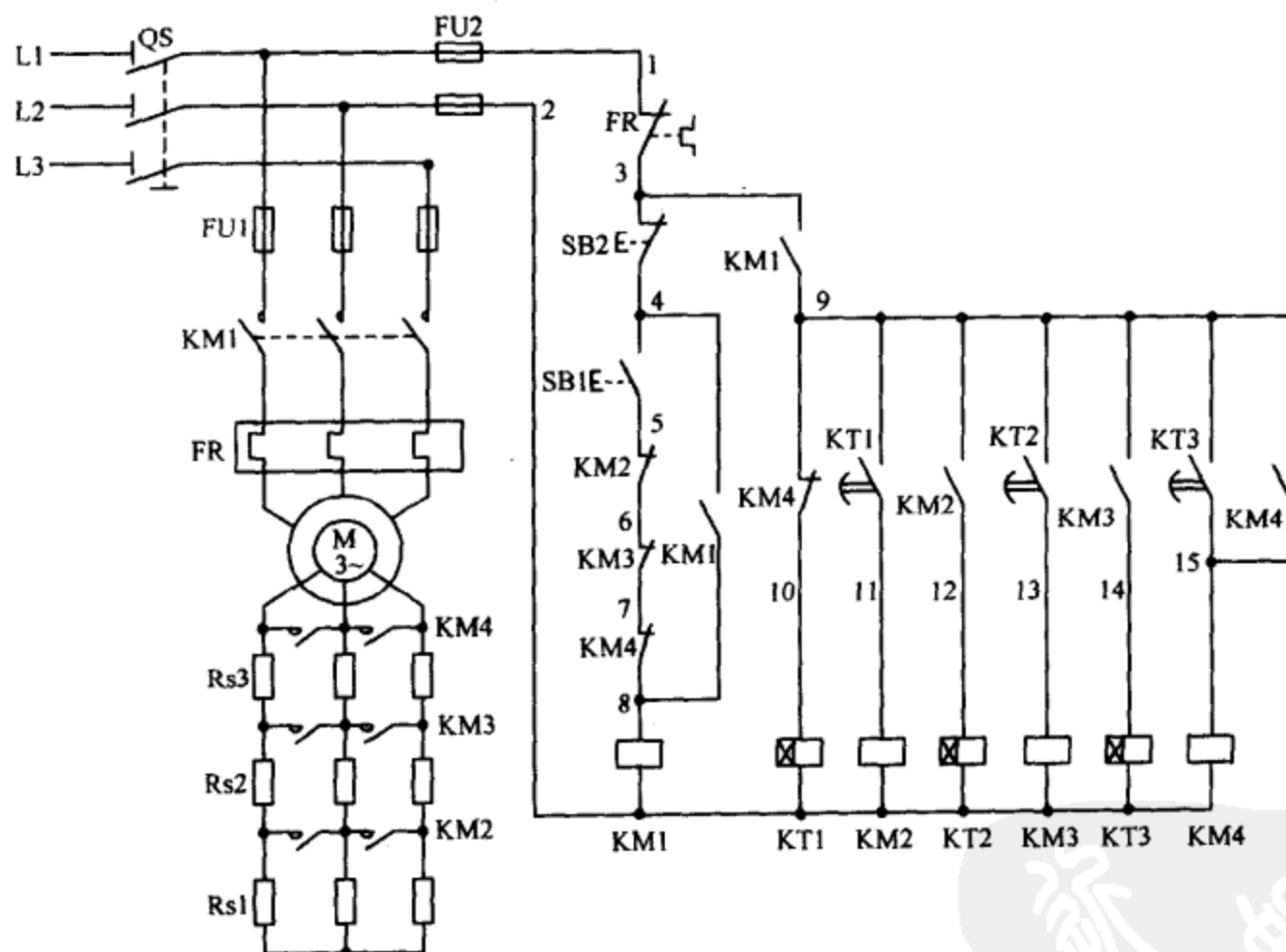
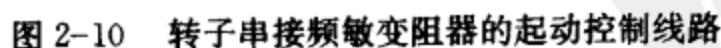


图 2-9 转子绕组串电阻起动控制线路

线路的工作原理为:合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB2,接触器 KM1 线圈通电,接触器 KM1 的主触点、自锁触点(4-8)和其他动合触点闭合,电动机 M 在起动电阻全部接入情况下起动。时间继电器 KT1 线圈通电,经过一段时间,KT1 的通电延时动合触点(9-11)闭合,使接触器 KM2 线圈通电,接触器 KM2 主触点闭合,切除 Rs1 部分电阻。因

绕线式异步电动机转子绕组串接电阻的起动方法,要想获得良好的起动特性,一般需要较多的起动级数,所用电器多,控制线路复杂,设备投资大,维修不便,同时由于逐级切除电阻,会产生一定的机械冲击力。在工矿业中,广泛采用频敏变阻器代替起动电阻来控制绕线式异步电动机的起动。频敏变阻器是一种无触点电磁元件,实质上是一个铁芯损耗非常大的三相电抗器。它的阻抗值随着流过绕组的电流频率的变化而变化,电流频率越高,阻抗值越高,电流频率低时,阻抗值也低。转子回路串接频敏变阻器刚起动时,转子电流频率最高,变阻器的阻抗最大,限制了电动机起动电流,随着电动机转速升高,转子电流频率逐渐降低,变阻器的阻抗也逐渐减少,正常运转速度时,其阻抗值接近于零,转子绕组相当于短接。所以频敏变阻器相当于无级变化的变阻器,非常适用于绕线式异步电机的起动控制。转子串接频敏变阻器的起动控制线路如图 2-10 所示。



当转换开关置于自动位置时,合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB2,接触器 KM1 通电,其主触点和自锁触点(5-6)闭合,电动机转子回路串频敏变阻器起动,同时通电延时时间继电器 KT 线圈通电,经过一段延时后,延时动合触点(7-8)闭合,中间继电器 KA 线圈通电并自锁,中间继电器 KA 的动合触点(6-7、6-10)闭合,使接触器 KM2 通电吸合,接触器 KM2 主触点把频敏变阻器短接,电动机进入稳态运行。此时,接触器 KM2 辅助动断触点(8-9)断开,使时间继电器 KT 断电释放。另外,在起动过程中,为了避免起动时间较长而使热继电器误动作,在主电路中用中间继电器 KA 的动断触点将热继电器 FR 的发热元件短接,起动结束后,中间继电器 KA 通电后其动断触点断开,热元件接入电路起保护作用。图中 TA 是电流互感器。

重点提示 频敏变阻器的调整。

频敏变阻器上备有四个抽头。一个抽头在绕阻的背面,标号为 N。另外三个抽头在绕组的正面,标号分别为 1,2,3。抽头 1~N 之间为 100%匝数,2~N 之间为 85%匝数,3~N 之间为 71%匝数。出厂时线接在 2~N 抽头上。频敏变阻器上、下铁芯由两面四个拉紧螺栓固定,拧开拉紧螺栓上的螺母,可以在上下铁芯之间增减非磁性垫片,即可调整空气隙。出厂时上、下铁芯间的气隙为零。

在使用时如果出现下列情况,应调整频敏变阻器的匝数和气隙。

(1) 当起动电流过大,起动太快时,应换接抽头,使匝数增加。匝数增加将使起动电流减小,但起动转矩也同时减小。

(2) 当起动电流过小,起动转矩太小,起动太慢时,应换接抽头,使匝数减小。匝数减小将使起动电流增大,起动转矩增大。

(3) 如果刚起动时,起动转矩偏大,机械有冲击现象;而起动完毕后,稳定转速得以偏低,这时可在上、下铁芯间增加气隙。增加气隙将使起动电流略有增加,起动转矩稍有减小,但起动完毕时转矩稍有增大,使稳定转速得以提高。

第二节 三相异步电动机的正反转控制

在生产实践中,很多设备需要两个相反的运动方向,例如机床的工作台前进与后退、主轴的正转与反转、起重机的上升与下降等。这就要求拖动生产机械的电动机能够实现正反转控制。根据电机学原理,只要把接到三相异步电动机的三相电源线中任意两相对调,即可实现反转。下面将介绍几种常见的电动机正反转的控制线路。

一、手动正反转控制

手动正反转控制线路如图 2-11 所示。

刀开关 QS1 为电路的总开关,熔断器 FU 为电路的短路保护,转换开关 QS2 为电源的换相开关。转换开关 QS2 有三挡位置,分别为“顺”、“停”、“反”转。

当合上电源开关 QS1,将转换开关 QS2 扳至左边“顺”挡位置时,三相电源通过以下途径进入电动机 M 三相绕组:L1→QS1→FU→QS2→U1→U 相绕组;L2→QS1→FU→QS2→V1→V 相绕组;L3→QS1→FU→QS2→W1→W 相绕组;此时电动机 M 通电正转。

当需要电动机 M 反转时,将转换开关 QS2 扳至“停”挡位置,待电动机 M 完全停止后再将转换开关扳至右边“反”挡位置,三相电源通过以下途径进入电动机三相绕组:L1→QS1→FU→QS2→W1→W 相绕组;L2→QS1→FU→QS2→V1→V 相绕组;L3→QS1→FU→QS2→U1→U 相绕组;此时电动机反转。

比较以上电动机 M 正转和反转时三相电源 L1、L2、L3 分别进入电动机 U、V、W 三相的情况可知:电动机 M 正转时,L1 相电源进入 U 相绕组,L2 相电源进入 V 相绕组,L3 相电源进入 W 相绕组,电动机 M 按 U→V→W 相序产生顺向旋转磁场;而当电动机反转时,L1 相电源进入 W 相绕组,L2 相电源进入 V 相绕组,L3 相电源进入 U 相绕组,电动机 M 按 W→V→U 相序产生反向旋转磁场。

从以上分析可知,若将电动机从正转运行状态转换为反转运行状态,只需将电动机的任意两相绕组调换相序即可。

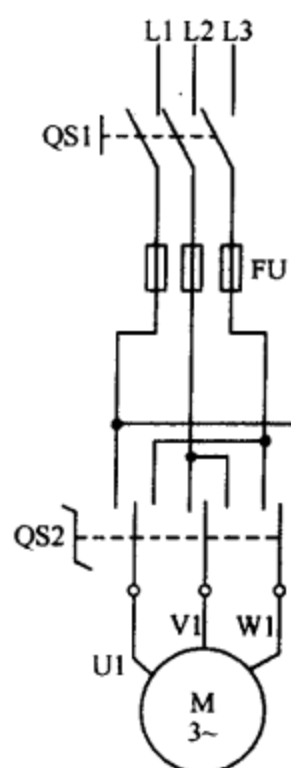


图 2-11 手动正反转控制线路

二、接触器互锁的正反转控制

接触器互锁的正反转控制线路如图 2-12 所示。

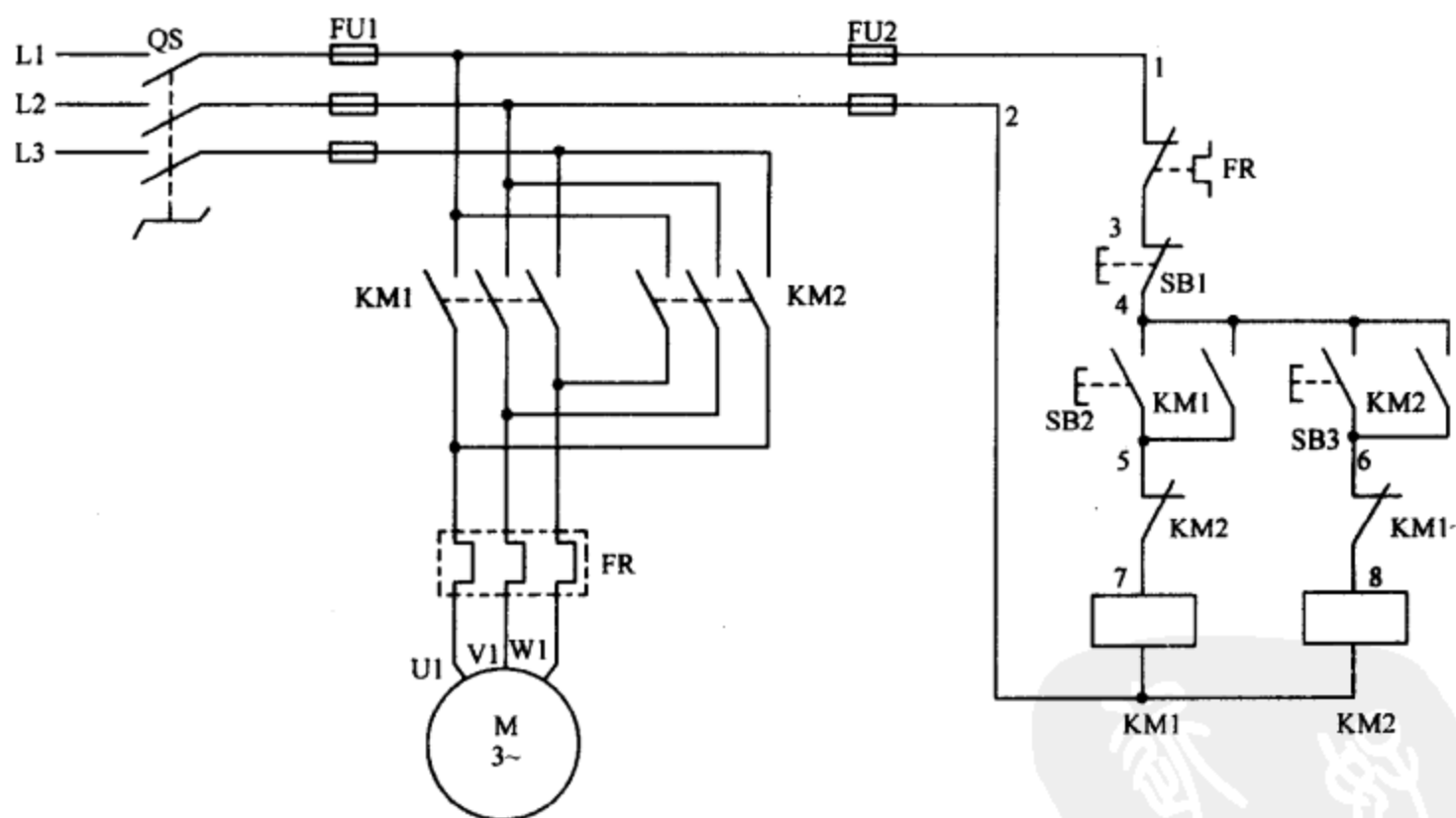


图 2-12 接触器互锁的正反转控制线路

主电路采用了两个接触器,其中接触器 KM1 用于正转,接触器 KM2 用于反转。当接触器 KM1 主触点闭合时,接到电动机接线端 U、V、W 的三相电源相序是 L1、L2、L3;而当接触器 KM2 主触点闭合时,接到电动机接线端 U、V、W 的三相电源相序是 L3、L2、L1,其中 L1 和 L3 两相对调了,所以,电动机旋转方向相反。从线路可以看出,用于正反

转的两个接触器 KM1 和 KM2 不能同时通电,否则会造成 L1 和 L3 两相电源短路。所以,正反转的两个接触器需要互锁。

接触器互锁的正反转控制线路的工作原理为:合上电源开关 QS。当需要电动机正转时,按下电动机 M 的正转起动按钮 SB2,接触器 KM1 线圈得电,其主触点接通电动机 M 的正转电源,电动机 M 起动正转。同时,接触器 KM1 的辅助动合触点(4-5)闭合自锁,使得松开按钮 SB2 时,接触器 KM1 线圈仍然能够保持通电吸合,而接触器 KM1 辅助动断触点(6-8)断开,切断接触器 KM2 线圈回路的电源,使得在接触器 KM1 得电吸合时,接触器 KM2 不能得电,实现了 KM1、KM2 的互锁。

当需要电动机 M 停止时,按下按钮 SB1,接触器 KM1 线圈失电释放,所有常开、常闭触点复位,电路恢复常态。

同理,当需要电动机 M 反转时,按下反转起动按钮 SB3,接触器 KM2 线圈得电,其主触点接通电动机 M 的反转电源,电动机 M 起动反转。同时,接触器 KM2 的辅助动合触点(4-6)闭合自锁,使得松开按钮 SB3 时,接触器 KM2 线圈仍然能够保持通电吸合,而接触器 KM2 辅助动断触点(5-7)断开,切断接触器 KM1 线圈回路的电源,使得在接触器 KM2 得电吸合时,接触器 KM1 不能得电,从而实现了 KM1、KM2 的互锁。当按下停止按钮 SB1 时,接触器 KM2 线圈失电,电动机 M 断电停转。

这种控制线路在改变电动机转向时,需要先按停止按钮,然后再按起动按钮,才能使电动机改变转向。这在实际操作中不够方便。

三、按钮互锁正反转控制

按钮互锁的正反转控制线路如图 2-13 所示。

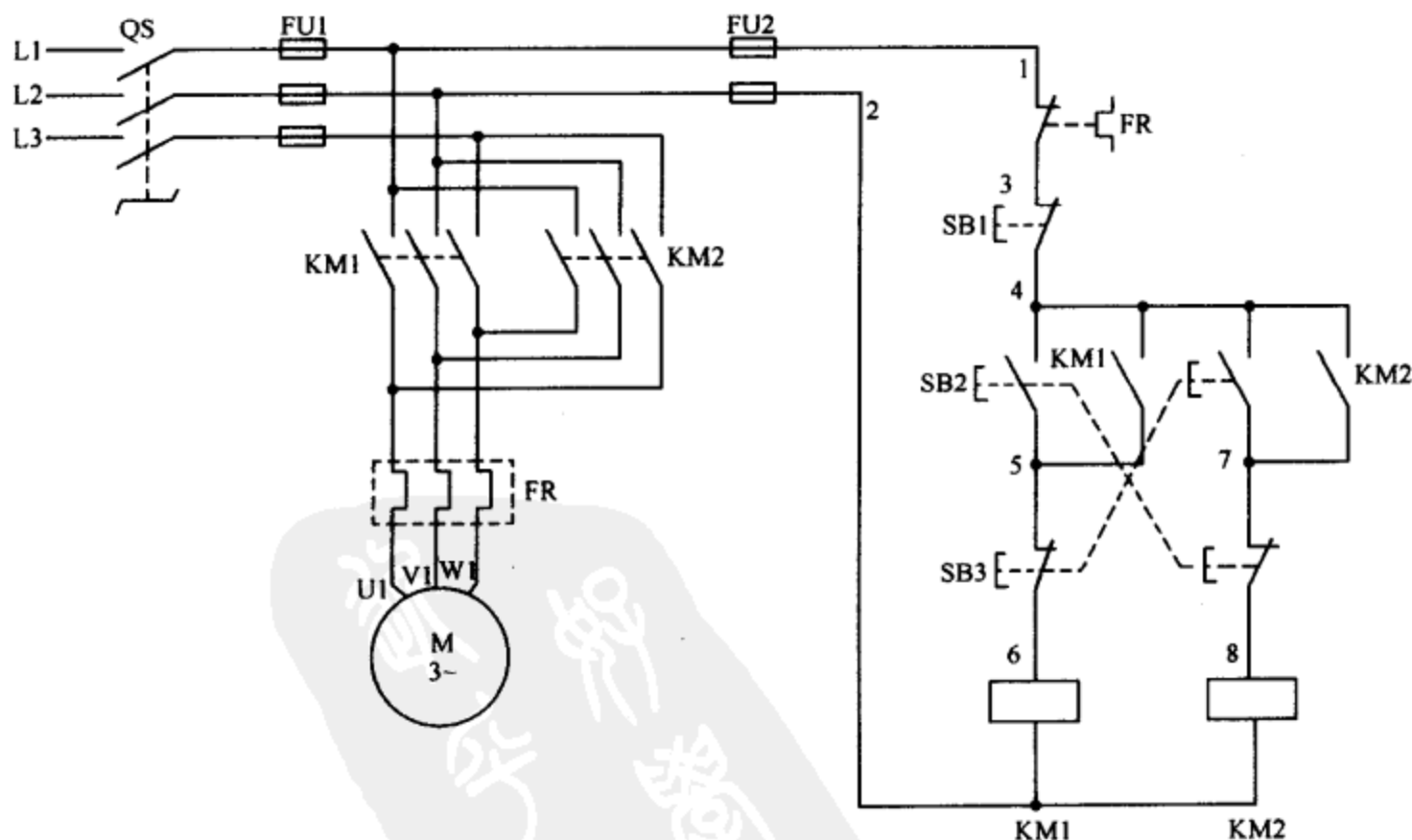


图 2-13 按钮互锁正反转控制线路

可以看出,按钮互锁的正反转控制线路实际上是把图 2-12 中两个接触器的动断触点去掉,换上复合按钮的动断触点,来实现正反转控制的。复合按钮的动作特点是先断后通,即动断触点先断开,动合触点再闭合。

按钮互锁正反转控制线路的工作原理是:合上 QS,按下正转起动按钮 SB2,接触器 KM1 线圈通电,其主触点和自锁触点(4-5)闭合,电动机正转。

电动机需反转时,直接按下反转起动按钮 SB3,这时按钮 SB3 的动断触点(5-6)是先断开,即先使接触器 KM1 线圈断开,然后其动合触点(4-7)闭合,即再使接触器 KM2 线圈通电,接触器 KM2 的主触点和自锁触点(4-7)闭合,电动机反转。

按下停止按钮 SB1,电动机停转。

这种控制线路的优点是操作方便,当需要改变电动机转向时,不必先按停止按钮。但是这种线路有一个明显的缺点,就是当主电路中电动机严重过载或出现某种意外的情况,有一个触点熔焊后粘在一起,且操作人员并无察觉,再去按另一个起动按钮,就会发生短路事故。例如假设电动机 M 正转,接触器 KM1 的触点熔焊,动触点与静触点粘在一起不能分开,这时如果需要电动机反转,直接按下反转起动按钮 SB3,SB3 的常闭触点(5-6)虽然切断了接触器 KM1 线圈回路的电源,但接触器 KM1 的主触点在主电路中由于熔焊粘在一起并未断开,其结果是按钮 SB3 的常开触点(4-7)接通接触器 KM2 线圈的电源,接触器 KM2 得电闭合,其主触点接通电动机 M 的反转电源,这样电源 L1 相和 L3 相发生短路。可见,这种线路不够安全。

四、接触器按钮双重互锁正反转控制

接触器按钮双重互锁的正反转控制线路如图 2-14 所示。

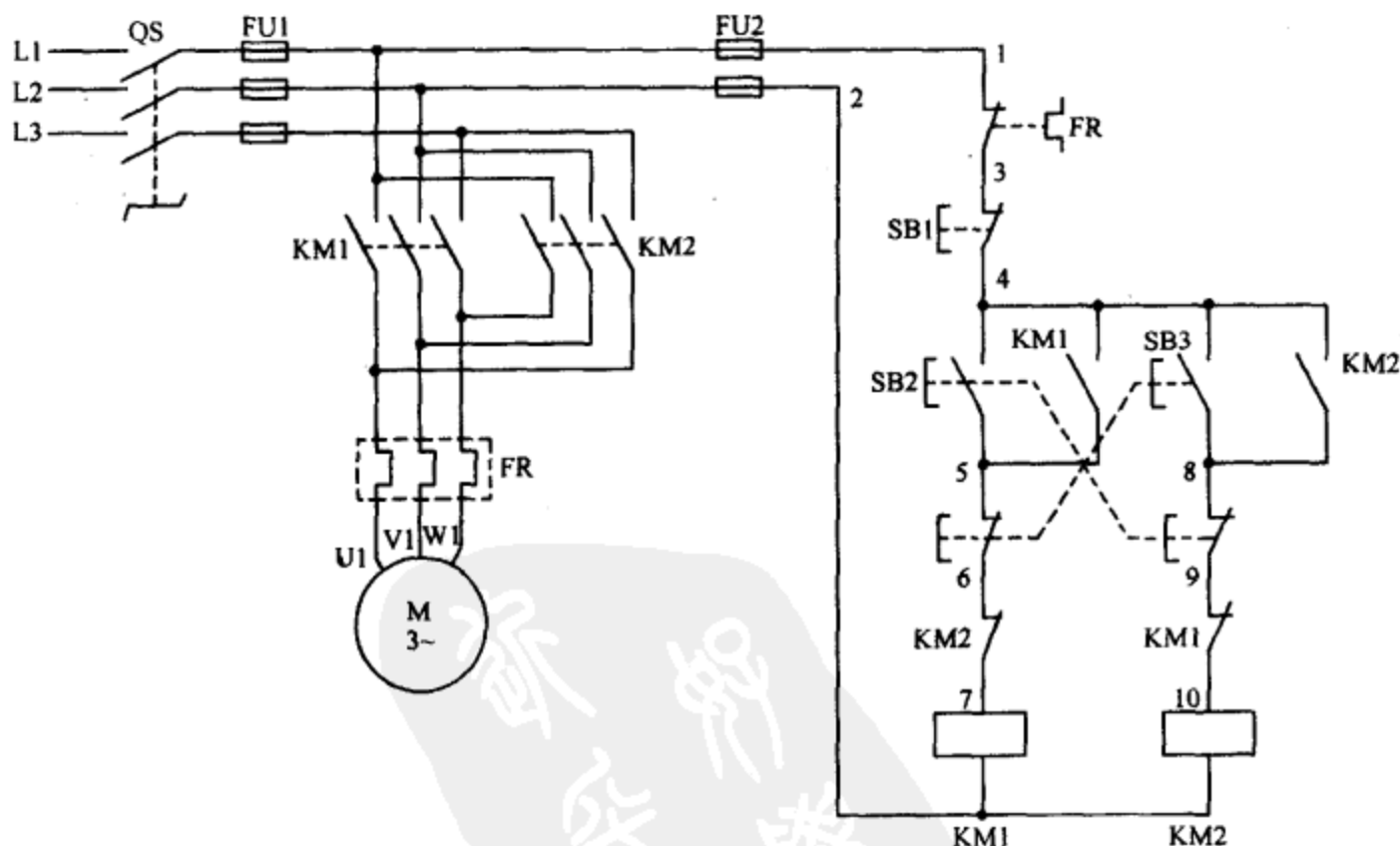


图 2-14 接触器按钮双重互锁的正反转控制线路

接触器按钮双重互锁正反转控制电路的控制原理与接触器互锁及按钮互锁正反转控制电路的控制原理相同,它是结合了两者的优点组合而成的电路。从图中可以看到,在接

触器 KM1 和 KM2 的线圈回路中,各自串接了对方接触器及起动按钮的常闭触点,这样即主电路中电动机严重过载,有一个触点熔焊粘在一起,再去按另一个起动按钮,欲使电动机向相反的方向运动时,也不会发生短路事故。例如,电动机 M 处在正转状态,接触器 KM1 通电闭合,KM1 辅助动合触点(4-5)闭合自锁,KM1 动断触点(9-10)断开,使接触器 KM2 在电动机正转时不能得电闭合。假如电路中由于严重过载或某种意外,使接触器 KM1 主触点熔焊并使动静触点粘在一起,操作人员再去按下反转起动按钮 SB3 欲使电动机 M 反转,当按下 SB3 时,SB3 在接触器 KM1 线圈回路中的常闭触点(5-6)断开,切断了接触器 KM1 线圈回路的电源,但是由于接触器 KM1 的主触点熔焊,动静触点不能分开,故所有的常开触点及常闭触点不能复位,电动机 M 仍然正向运转。同时,SB3 在接触器 KM2 线圈回路的常开触点(4-8)被压合,但由于接触器 KM1 的动断触点(9-10)未复位,仍然处于断开状态,故接触器 KM2 线圈不能得电闭合,从而保证了电路不会因接触器触点熔焊粘在一起而造成电路短路故障。

第三节 三相异步电动机的制动控制

三相异步电动机切断电源后,由于惯性,总要经过一段时间才能完全停止。有些生产机械要迅速停车,有些生产机械要求准确停车。所以常常需要采用一些使电动机在切断电源后就迅速停车的措施,这种措施称为电动机的制动。异步电动机的制动方法分两大类:机械制动和电气制动。在电气制动中又有反接制动、能耗制动、回馈制动(再生制动)和电容制动等。下面简要介绍几种常用的制动方法。

一、机械制动控制

电动机切断电源之后,利用机械装置使电动机迅速停止转动的方法称为机械制动。常用的机械制动装置有电磁抱闸和电磁离合器两种,它们的制动原理基本相同。机械制动又有断电制动和通电制动之分。图 2-15 为电磁抱闸的外形图。

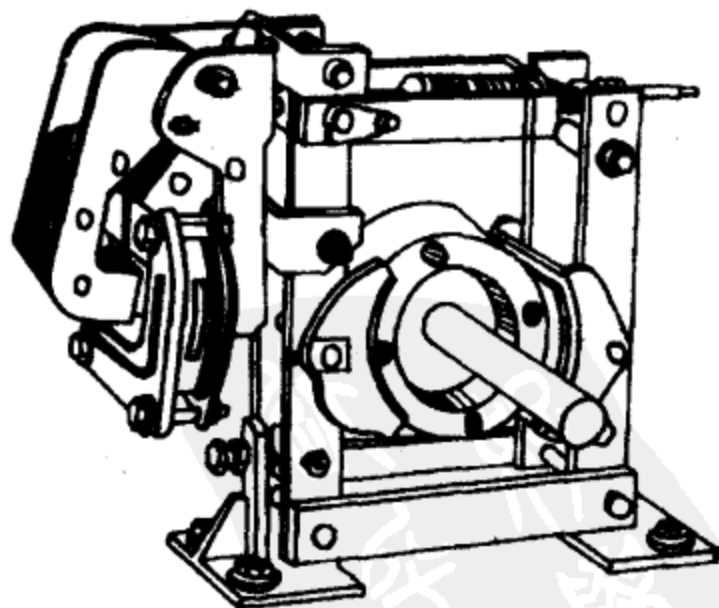


图 2-15 电磁抱闸的外形图

电磁抱闸主要有电磁铁和闸瓦制动器两部分。电磁铁由铁芯、衔铁和线圈组成;闸瓦制动器由闸轮、闸瓦、杠杆、弹簧和支座组成。当电磁抱闸线圈通电时,吸合衔铁动作,克

服弹簧力推动杠杆,使闸瓦松开闸轮,电动机能正常运转。

当电磁抱闸线圈断电时,衔铁与铁芯分离,在弹簧的作用下,使闸瓦与闸轮紧紧抱住,电动机被迅速制动而停转。

图 2-16 为电磁抱闸断电制动的控制线路。图中 YA 为电磁抱闸电磁铁的线圈。

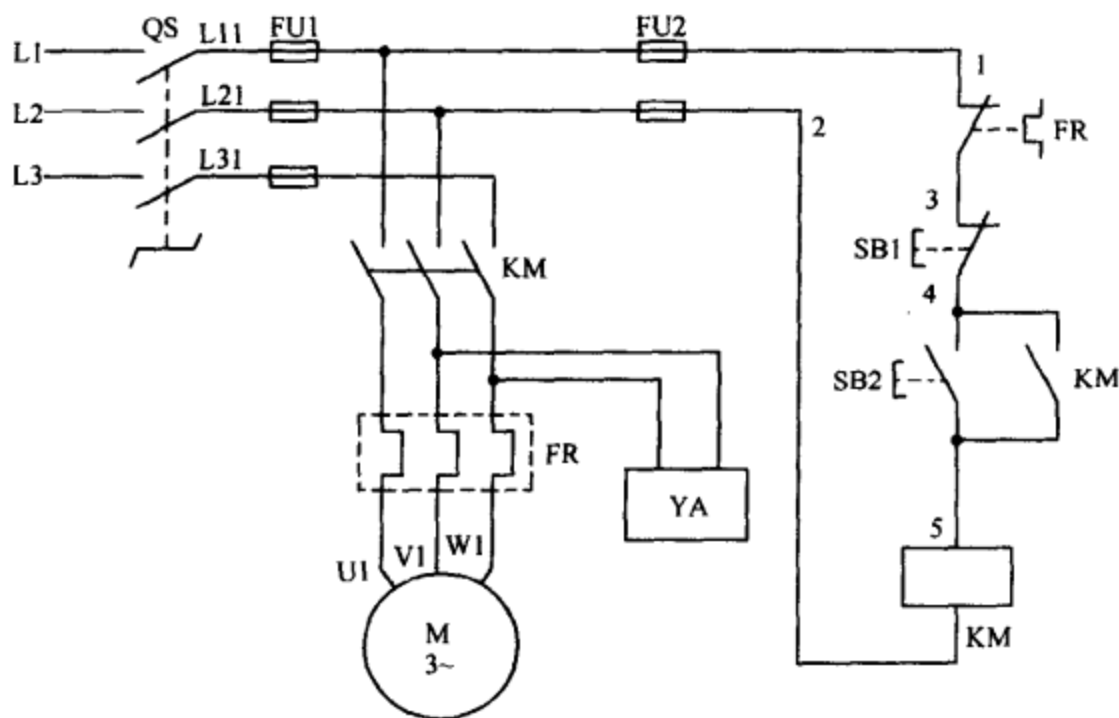


图 2-16 电磁抱闸断电制动的控制线路

可以看出,它实际上是一个电动机的正转控制线路加上一个电磁抱闸电磁铁 YA 构成。在常态时,闸瓦在弹簧力的作用下,将电动机转轴紧紧抱住,使电动机处于制动状态。当需要电动机 M 转动时,按下电动机 M 起动按钮 SB2,接触器 KM 线圈通电吸合并自锁,KM 主触点闭合,接通电动机 M 绕组和电磁铁 YA 线圈的电源。YA 线圈通电后,电磁铁动作,带动轴瓦松开抱闸,电动机 M 起动运转。当需要电动机 M 停止时,按下停止按钮 SB1,接触器 KM 线圈失电释放,其主触点断开,切断电动机 M 绕组及电磁铁 YA 线圈电源,电动机 M 制动停车。

图 2-17 为电磁抱闸通电制动控制电路原理图。

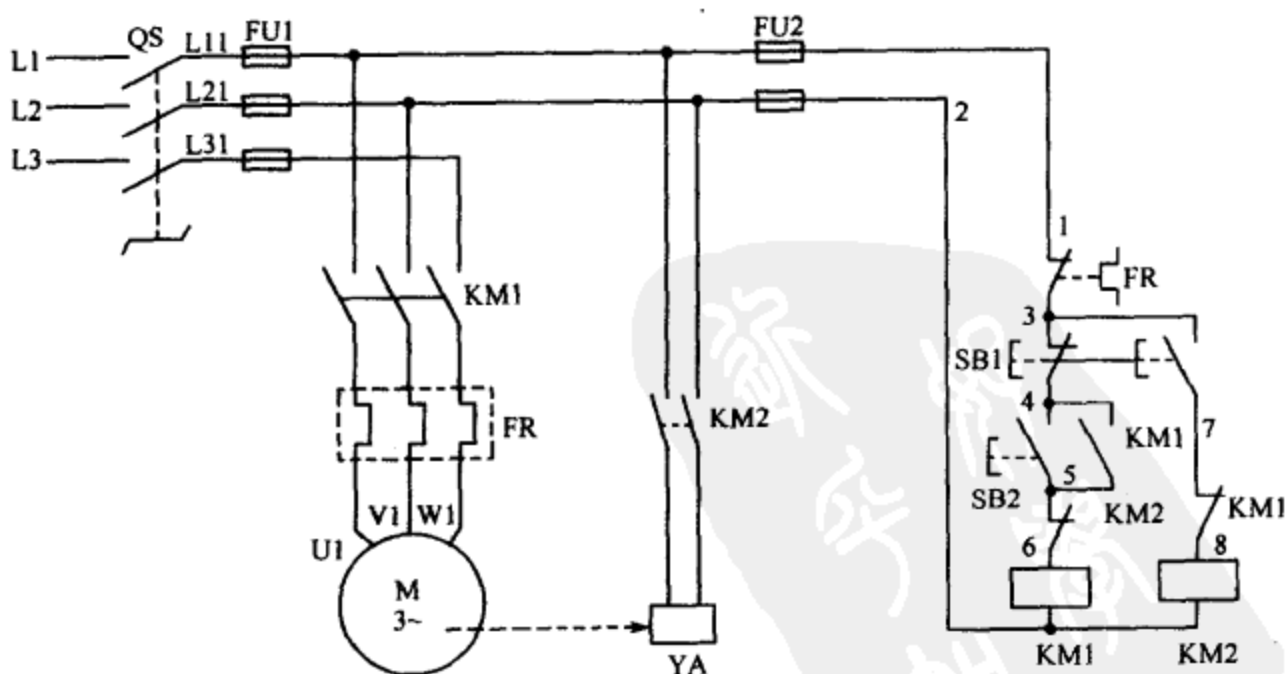


图 2-17 电磁抱闸通电制动的控制线路

该电路的制动原理同断电抱闸的原理恰好相反。它是当电磁铁 YA 线圈通电后,闸瓦通过机械装置的带动对电动机 M 转轴进行制动。其控制过程如下:按下电动机 M 启动按钮 SB2,接触器 KM1 线圈通电吸合并自锁,其主触点接通电动机 M 电源,电动机 M 启动运转。而接触器 KM1 的常闭触点(7-8)断开,使得在接触器 KM1 得电(电动机 M 运转)时,接触器 KM2 线圈不能得电。当需要电动机 M 停止时,按下停止按钮 SB1,SB1 的常闭触点(3-4)首先断开,切断接触器 KM1 线圈回路的电源,KM1 失电释放,其主触点断开,切断电动机 M 电源;然后按钮 SB1 常开触点(3-7)闭合,接通接触器 KM2 线圈回路电源,接触器 KM2 通电闭合,其主触点接通电磁铁 YA 线圈电源,YA 通电对断电后的电动机 M 进行抱闸制动,使电动机 M 迅速停转。松开 SB1,完成抱闸制动。

二、电气制动控制

1. 反接制动控制线路

反接制动是将运动中的电动机电源反接(即将任意两根相线接法交换)以改变电动机定子绕组中的电源相序,从而使定子绕组的旋转磁场反向,转子受到与原旋转方向相反的制动力矩而迅速停转。其基本原理如图 2-18 所示。

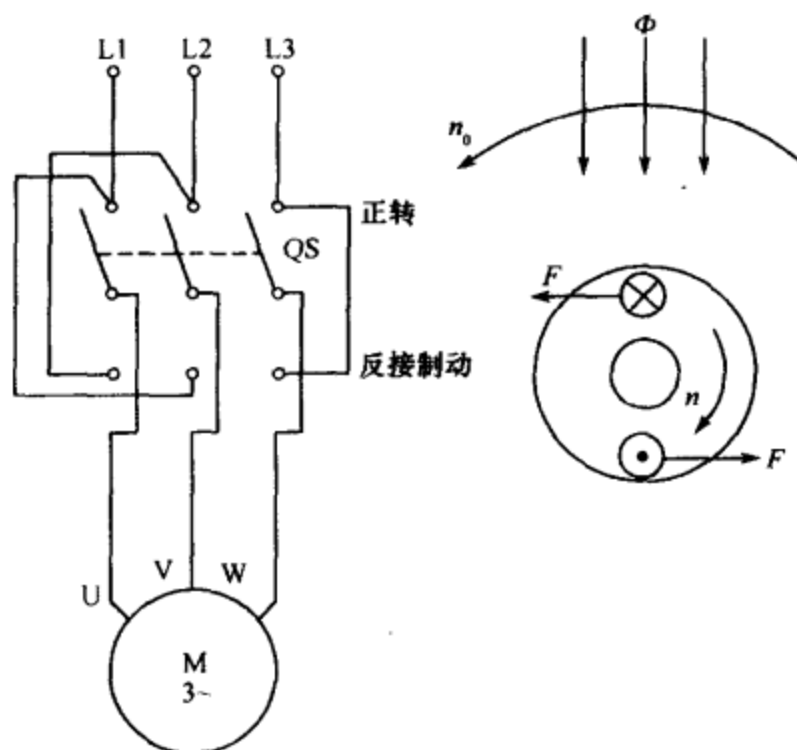


图 2-18 反接制动基本原理图

要使正在以 n 方向旋转的电动机迅速停转,可先拉开正转接法的电源开关 QS,使电动机与三相电源脱离,转子由于惯性仍按原方向旋转,然后将开关 QS 投向反接制动侧,这时由于 U, V 两相电源对调了,产生的旋转磁场方向与先前的相反。因此,在电动机转子中产生了与原来相反的电磁转矩,即制动转矩。依靠这个转矩,使电动机转速迅速下降而实现制动。

在上述制动过程中,当制动到转子转速接近零值时,如不及时切断电源,则电动机将会反向旋转。为此,必须在反接制动中采取一定的措施,保证当电动机的转速被制动到接近零值时迅速切断电源,防止反向旋转。在一般的反接制动控制线路中常利用速度继电器进行自动控制。一般的速度继电器有两对常开触点和两对常闭触点,可分别用于正、反

运转的反接制动。当电动机起动运转后,转速达到 120r/min 时,常开触点断开,常闭触点闭合。停止时,当电动机转速小于 100r/min 时,常开、常闭触点复位。反接制动控制电路有单向运转反接制动控制电路和双向运转反接制动控制电路。下面以单向运转反接制动控制线路为例进行分析,其线路如图 2-19 所示。

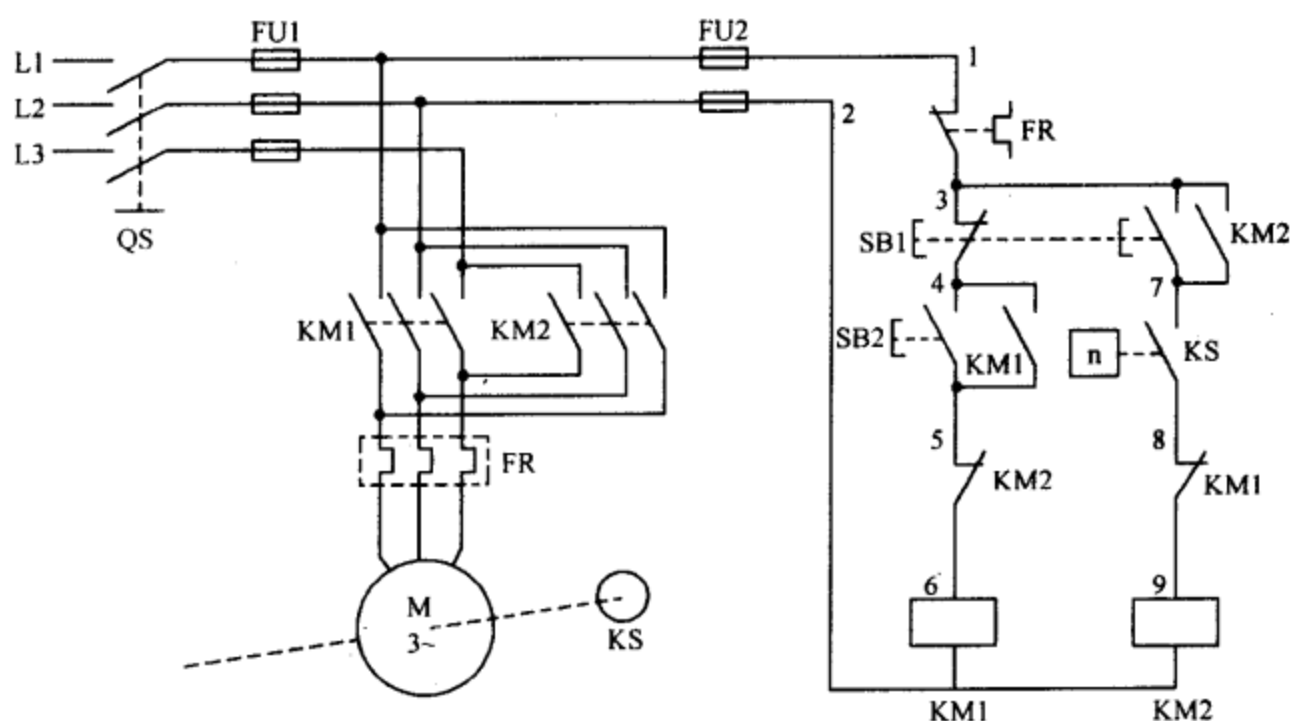


图 2-19 单向运转反接制动控制线路

速度继电器 KS 的转轴与电动机 M 的转轴同轴相连。当需要电动机 M 运转时,按下电动机 M 的起动按钮 SB2,接触器 KM1 线圈通电闭合,其主触点接通电动机 M 电源,电动机 M 起动运行。而接触器 KM 常闭触点(8-9)断开,使得在接触器 KM1 闭合时,接触器 KM2 不能闭合。电动机 M 起动后,其转速上升到 120r/min 时,速度继电器 KS 的常开触点(7-8)闭合,为接触器 KM2 线圈电源的接通做好了准备。当需要电动机 M 停止时,按下停止按钮 SB1,SB1 的常闭触点(3-4)首先断开,切断接触器 KM1 线圈的电源,接触器 KM1 失电释放,电动机 M 断电。接触器 KM1 的常闭触点(8-9)复位闭合,但由于惯性作用,电动机 M 不能立即停止。然后,按钮 SB1 常开触点(3-7)闭合,接通接触器 KM2 线圈回路的电源,KM2 通电闭合并自锁,其主触点接通电动机 M 的反转电源,使电动机 M 产生一个反向旋转力矩。这个反向旋转力矩与电动机原惯性转动方向相反,故使电动机 M 的转速迅速下降。当电动机 M 转速下降为 100r/min 时,速度继电器 KS 的常开触点(7-8)复位断开,切断接触器 KM2 线圈的电源,KM2 失电释放,完成单向反接制动控制过程。

2. 能耗制动控制线路

能耗制动控制线路是当电动机停车后,立即在电动机定子绕组中通入两相直流电源,使之产生一个恒定的静止磁场,由运动的转子切割该磁场后,在转子绕组中产生感应电流。这个电流又受到静止磁场的作用产生电磁力矩,产生的电磁力矩的方向正好与电动机的转向相反,从而使电动机迅速停转。应用较多的有变压器桥式整流单向运转能耗制动,如图 2-20 所示。

可以看出,主电路中除了单向运转电路的结构外,主要增加了降压变压器 T、桥式整流器 VC 和制动限流电阻 R。该线路的工作原理是:把电源开关 QS 合上,按起动按钮

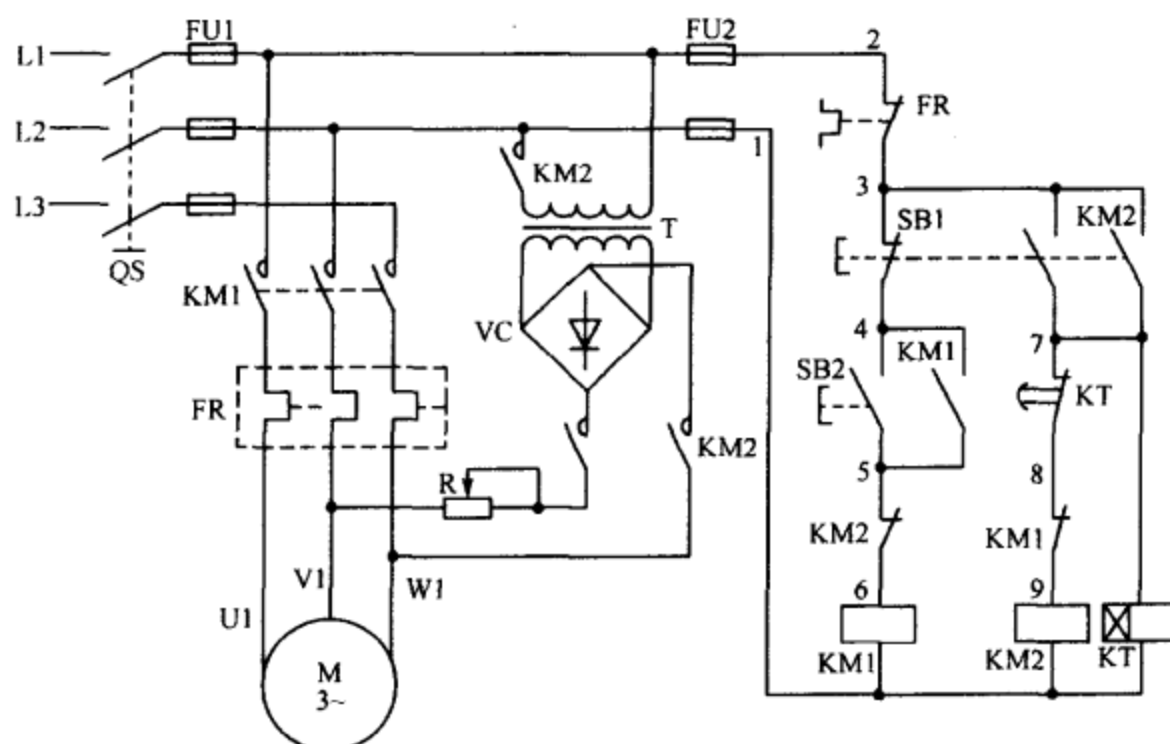


图 2-20 变压器桥式整流单向运转能耗制动控制线路

SB2, 接触器 KM1 通电吸合, 电动机起动后稳定运转。停车制动时, 按停止按钮 SB1, 接触器 KM1 断电释放, 接触器 KM2 通电吸合并自锁, 电动机定子绕组通入直流电, 同时因时间继电器 KT 线圈通电, 经过一段延时时间, 时间继电器 KT 的延时动断触点(7-8)断开, 接触器 KM2 断电释放, 切断直流电源, 电动机制动结束。

能耗制动的优点是制动准确、能量消耗小、冲击小; 缺点是需附加直流电源, 制动转矩小。

第四节 三相异步电动机的行程控制

一、自动循环运行控制线路

有些生产机械要求其工作台能在某段距离内自动往返, 不断地循环, 以便对工件进行连续加工。这种控制通常是利用行程开关来自动实现的, 也就是用行程开关自动控制电动机的正反转, 从而使工作台不断地自动往返。图 2-21 为工作台自动往返运动示意图。由行程开关控制的工作台自动往复控制线路如图 2-22 所示。

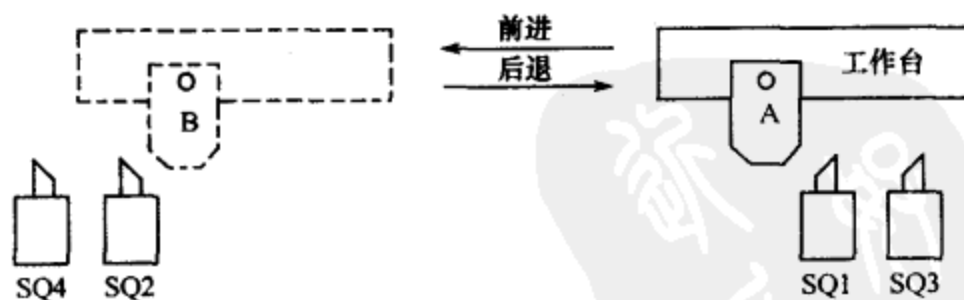


图 2-21 工作台自动往返运动示意图

SB1 为停止按钮, SB2、SB3 为电动机正反向起动按钮, SQ1 为电动机由反转转正转的行程开关, SQ2 为电动机由正转转反转的行程开关, SQ3、SQ4 分别为电动机正、反向运动限位保护行程开关。电动机的正反转可通过 SB1、SB2、SB3 手动控制; 也可用行程开关

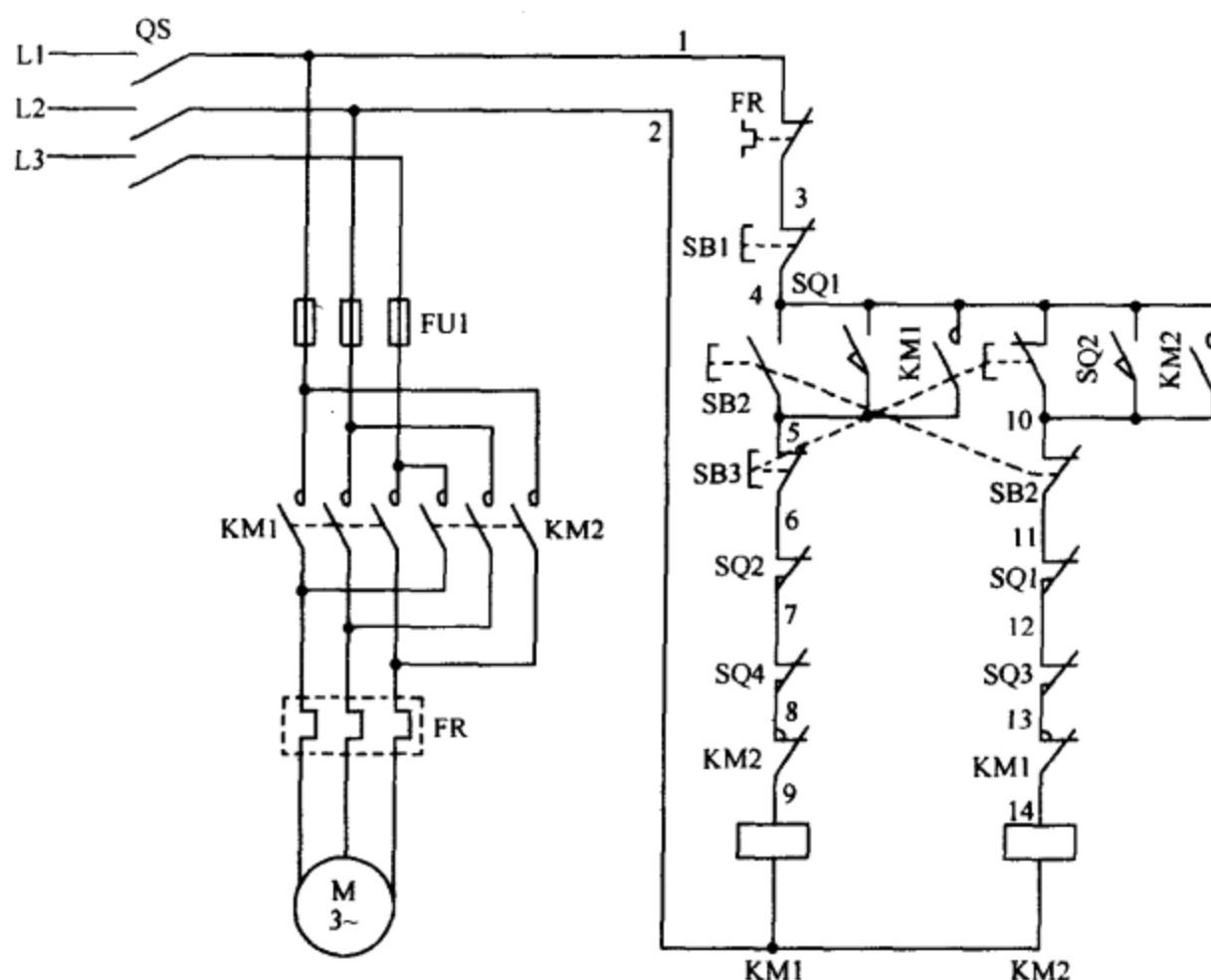


图 2-22 自动循环控制线路

SQ1~SQ4 实现自动控制。

行程开关 SQ1~SQ4 安装在机床床身上,其中 SQ1 和 SQ2 安装在工作台运动的限定位置,用来实现工作台的自动往返;SQ3 和 SQ4 安装在工作台的极限位置,起终端保护作用。在工作台边上装有挡铁,且挡铁 A 与行程开关 SQ1 和 SQ3 处于同一平面,而挡铁 B 与行程开关 SQ2 和 SQ4 处于同一平面。因此,挡铁 A 只能和行程开关 SQ1、SQ3 碰撞,挡铁 B 只能和行程开关 SQ2、SQ4 碰撞。挡铁每次碰上行程开关后,工作台都停止前进并反向运行,这样就使得工作台自动往复运动。

自动循环控制线路的工作过程如下:合上电源开关 QS,按下正向起动按钮 SB2,接触器 KM1 得电吸合并自锁,电动机正向起动运行,工作台前进到一定位置,撞块压动限位开关 SQ2。SQ2 的动断触头(6-7)断开,使 KM1 失电释放,电动机停止向前;SQ2 的动合触头(4-10)闭合,使接触器 KM2 得电吸合,使电动机改变电源相序而反转使工作台后退。当工作台后退到一定位置时,撞块压动行程开关 SQ1。SQ1 的动断触头(11-12)断开,使 KM2 失电释放,工作台停止后退,SQ1 的动合触头(4-5)闭合,使 KM1 得电吸合,电动机又正转,工作台又前进,如此往复循环工作。直至按下停止按钮 SB1,使接触器 KM1(或 KM2)失电释放,电动机才停止转动。

当由于某种故障,SQ1(或 SQ2)失灵,工作台到达 SQ1(或 SQ2)给定位置时,未能切断 KM1(或 KM2)线圈电路,继续运行达到 SQ3(或 SQ4)所处的极限位置时,将会压下限位保护开关,切断接触器线圈电路,使电动机停止转动,使工作台停留在极限位置内,避免工作台发生超越允许位置的事故。

由上述控制情况可以看出,运动部件每经过一个自动往复循环,电动机要进行两次反接制动过程,将出现较大的反接制动电流和机械冲击。因此,这种线路只适用于电动机容

量较小、循环周期较长、电动机转轴具有足够刚性的拖动系统中。另外,在选择接触器容量时,应比一般情况下选择的容量大一些。

二、自动延时往复运动控制线路

图 2-23 所示运货车,甲地装物乙地卸物。运行到甲地装物时间 20s,乙地卸物时间 15s。运货车可在甲、乙两地之间任意起动或停车,并可向任一方向运行。运货车一经起动,应按上述要求自动地在甲、乙两地之间往返运动。其控制电路如图 2-24 所示。

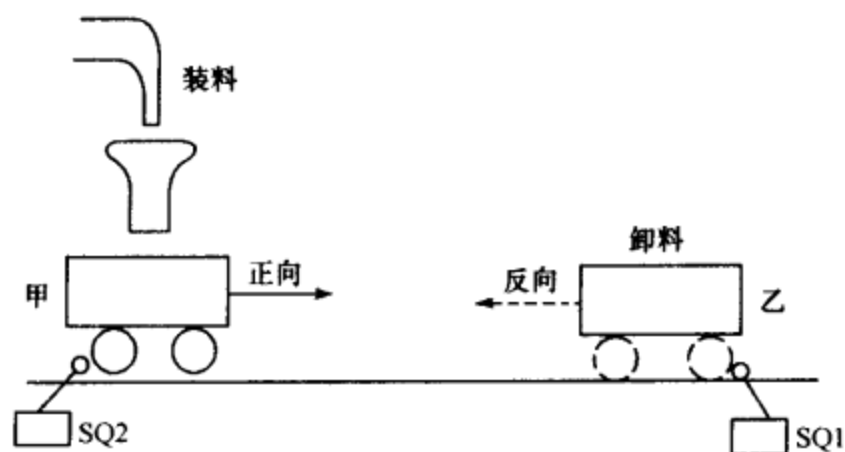


图 2-23 运货车甲地装物乙地卸物示意图

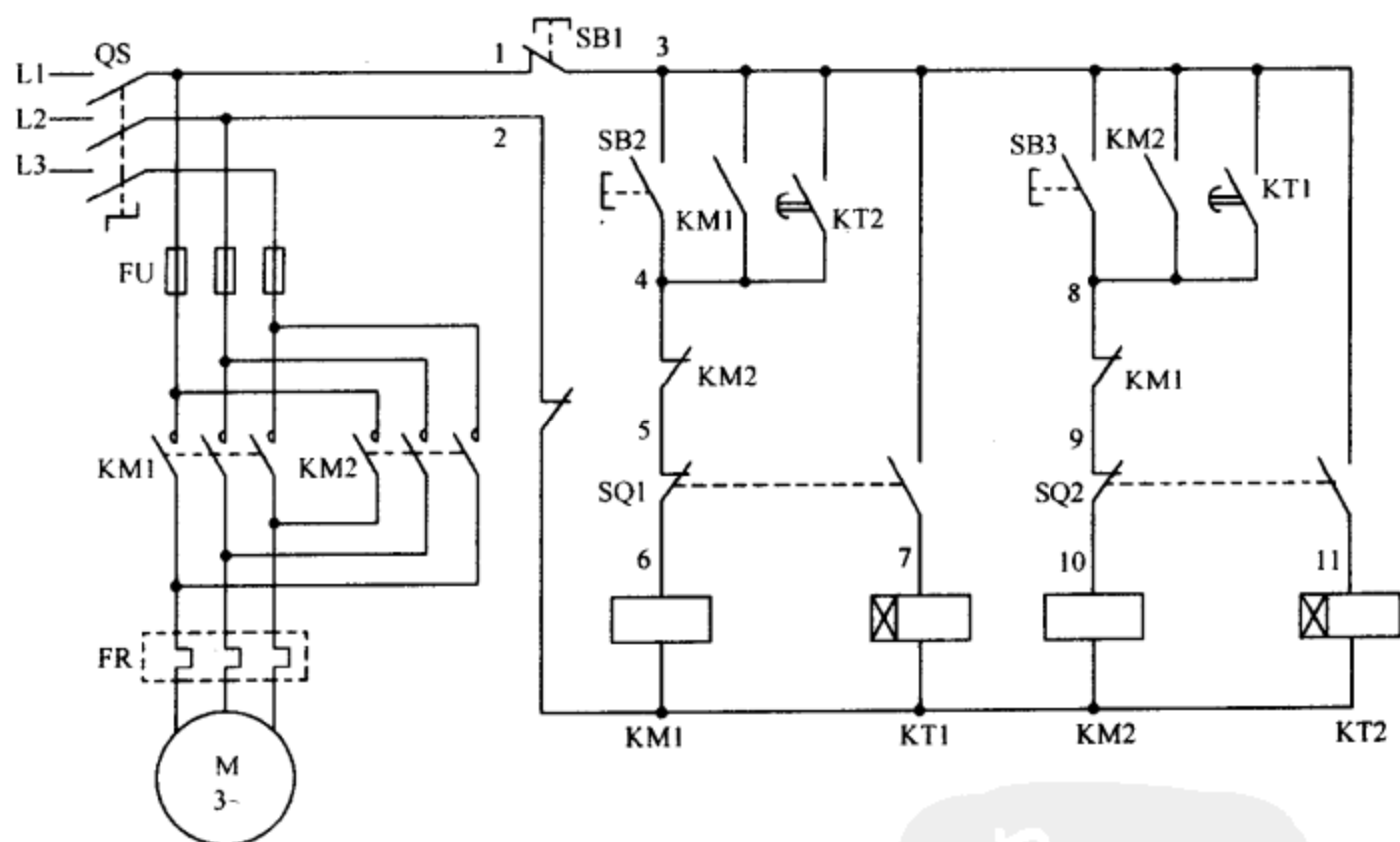


图 2-24 自动延时往复运动控制线路

该电路是在自动往返运动控制电路的基础上,加入时间控制环节构成的。KM1、KM2 为接触器连锁的电动机正、反转控制电路,以控制电动机的正、反向运行。KM1 由行程开关 SQ1 的动断触头(5-6)、起动按钮 SB2 和通电延时时间继电器 KT2 控制,SB2 和 KT2 控制电动机正向起动运行,SQ1(5-6)控制电动机正向停止运行;而 KT2 由行程开关 SQ2 的动合触头 SQ2(3-11)控制。KM2 由行程开关 SQ2 的动断触头 SQ2(9-10)、起动按钮 SB3 和通电延时时间继电器 KT1 控制,SB3 和 KT1 控制电动机 M 反向起动运

行, SQ2(9-10)控制电动机反向停止运行;而 KT1 由行程开关 SQ1 的动合触头(3-7)控制。

由此可见, SQ1 被撞压, KM1 失电释放, 电动机正向运行停止, 同时使 KT1 得电吸合, 经过延时, 通过 KT1 使 KM2 得电吸合, 电动机反向运行, 同时使 KT2 得电吸合, 经过延时, 通过 KT2, 使 KM1 得电吸合, 电动机又正向运行。

线路的具体控制过程如下:

1. 正向起动运行控制

按下起动按钮 SB2, 接触器 KM1 得电吸合并自锁, 电动机 M 正向起动运转, 运物车由甲地向乙地运行, 到达乙地后, 行程开关 SQ1 被撞压, 其动断触头(5-6)断开, 使 KM1 失电释放, 电动机失电停转。

2. 乙地停留时间的控制

运物车到达乙地后, 行程开关 SQ1 的动合触头(3-7)闭合, 使通电延时时间继电器 KT1 得电吸合。KT1 经 15s 延时(即运货车在乙地停留时间), 其延时闭合的动合触头 KT1(3-8)闭合, 使接触器 KM2 得电吸合并自锁, 电动机 M 反向起动运转, 运物车从乙地向甲地运行。

3. 反向运行和甲地停留时间控制

运物车到达甲地后, 行程开关 SQ2 被撞压, 其动断触头 SQ2(9-10)断开, 使 KM2 失电释放, 电动机失电停转, SQ2 的动合触头(3-11)闭合, 使 KT2 得电吸合, 延时 20s, KT2 延时闭合的动合触头 KT2(3-4)闭合, 使 KM1 得电吸合, 电动机 M 起动, 运物车再次向乙地运行。

若反向起动运行, 则应按下起动按钮 SB3, 使 KM2 得电吸合, 其控制过程与正向起动过程相同。

第五节 三相异步电动机多地控制和顺序控制

一、多地控制线路

所谓多地点控制, 是指能够在不同的地方对电动机的动作进行控制。在一些大型机床设备中, 为了操作方便, 经常采用多地点控制方式。通常把动合起动按钮并联在一起, 实现多地起动控制; 而把动断停止按钮串联在一起, 实现多地点停止控制, 并将这些按钮分别安装在不同的地方即可达到目的。

在大型设备上, 为了操作方便, 需几个操作者都发出操作信号, 即按压动合起动按钮, 常要求多个地点进行控制操作, 在某些机械设备上, 为保证安全, 需要满足多个条件, 设备才能开始工作, 这样的控制要求可通过在电路中串联或并联电器的动断触头和动合触点来实现。

图 2-25 为一个三地控制电动机起动、停止的电路, 其中 SB4、SB5、SB6 并接在一起, 分别为三地不同的起动按钮, SB1、SB2、SB3 串接在一起, 分别为三地不同的停止按钮。当需要电动机 M 运行时, 在三地中任意位置按下起动按钮 SB4、SB5、SB6 中的任意一个按钮, 接触器 KM 线圈得电并自锁, 电动机 M 通电旋转。当需要电动机 M 停转时, 在三

地中任意位置按下按钮 SB1、SB2、SB3 中的任意一个,接触器 KM 线圈失电释放,电动机 M 断电停转。

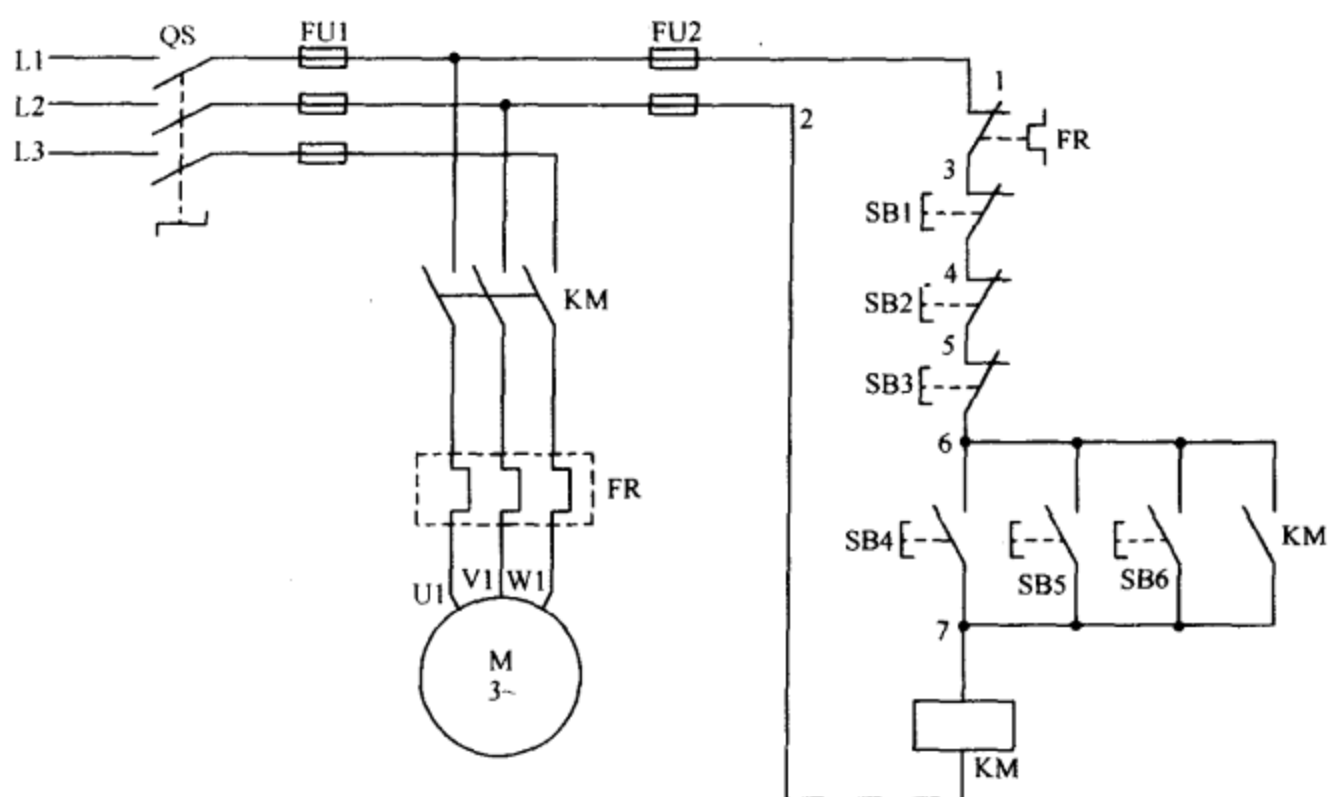


图 2-25 三地控制线路

二、顺序控制线路

在装有多台电动机的机械上,各电动机所起的作用是不同的,有时需要按一定的顺序启动,才能保证操作过程的合理性和工作的安全可靠。例如:铣床要求主轴电动机启动后,进给电动机才能启动;平面磨床的冷却泵电动机,要求在砂轮电动机启动后才能启动。像这种要求一台电动机启动后另一台电动机才能启动的控制方式,叫做电动机的顺序控制。顺序控制电路有由主电路实现的顺序控制线路,也有由控制电路实现的顺序控制线路,还有二者共同控制的顺序控制线路。

1. 由主电路实现的顺序控制线路

图 2-26 为主电路实现电动机顺序控制的线路。其特点是:电动机 M2 的主电路接在电源接触器 KM1 的主触头的下面,保证了只有当 KM1 主触头闭合,电动机 M1 启动后, M2 才可能启动。SB1 为停止按钮,SB2 为 M1 的启动按钮,SB3 为 M2 的启动按钮。

2. 由控制电路实现的顺序控制线路

图 2-27 为一种由控制电路实现的顺序控制线路。

电路中,KM1 的辅助动合触头 KM1(4-6)作为先决条件串联在 KM2 线圈电路中,保证 M1 启动后 M2 才能启动。KM2 的辅助动合触头 KM2(4-6)并联在 KM1(4-6)两端,则两台电动机 M1、M2 可单独停止,因此该电路能实现顺序启动、单独停止的控制要求。

控制线路的工作过程如下:

需要启动 M1 时,按下启动按钮 SB2,KM1 得电吸合并自锁,M1 得电启动,同时,KM1 的辅助动合触点(4-6)闭合,作为 KM2 得电的先决条件。

需要启动 M2 时,按下启动按钮 SB4,KM2 得电吸合并自锁,M2 得电启动,同时,KM2 的辅助动合触点(4-6)闭合,作为 KM2 得电后不受 KM1 制约的条件。

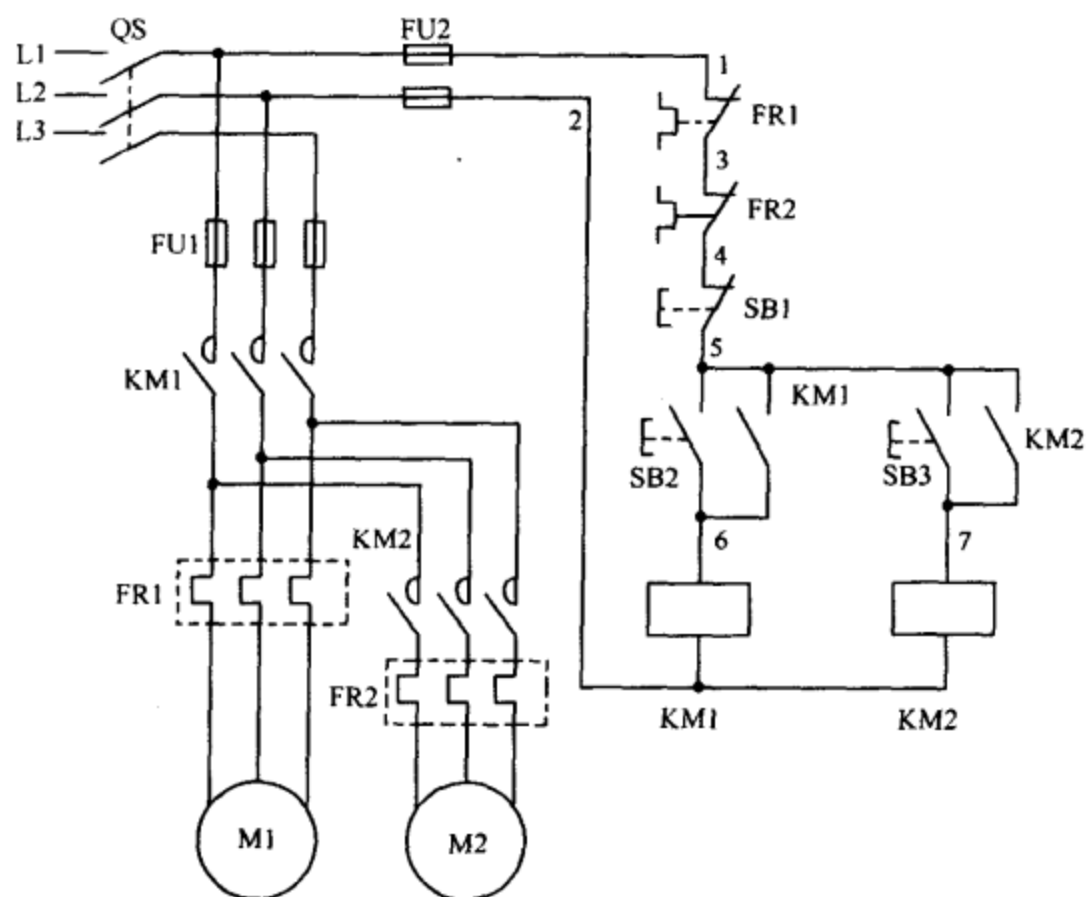


图 2-26 主电路实现的顺序控制线路

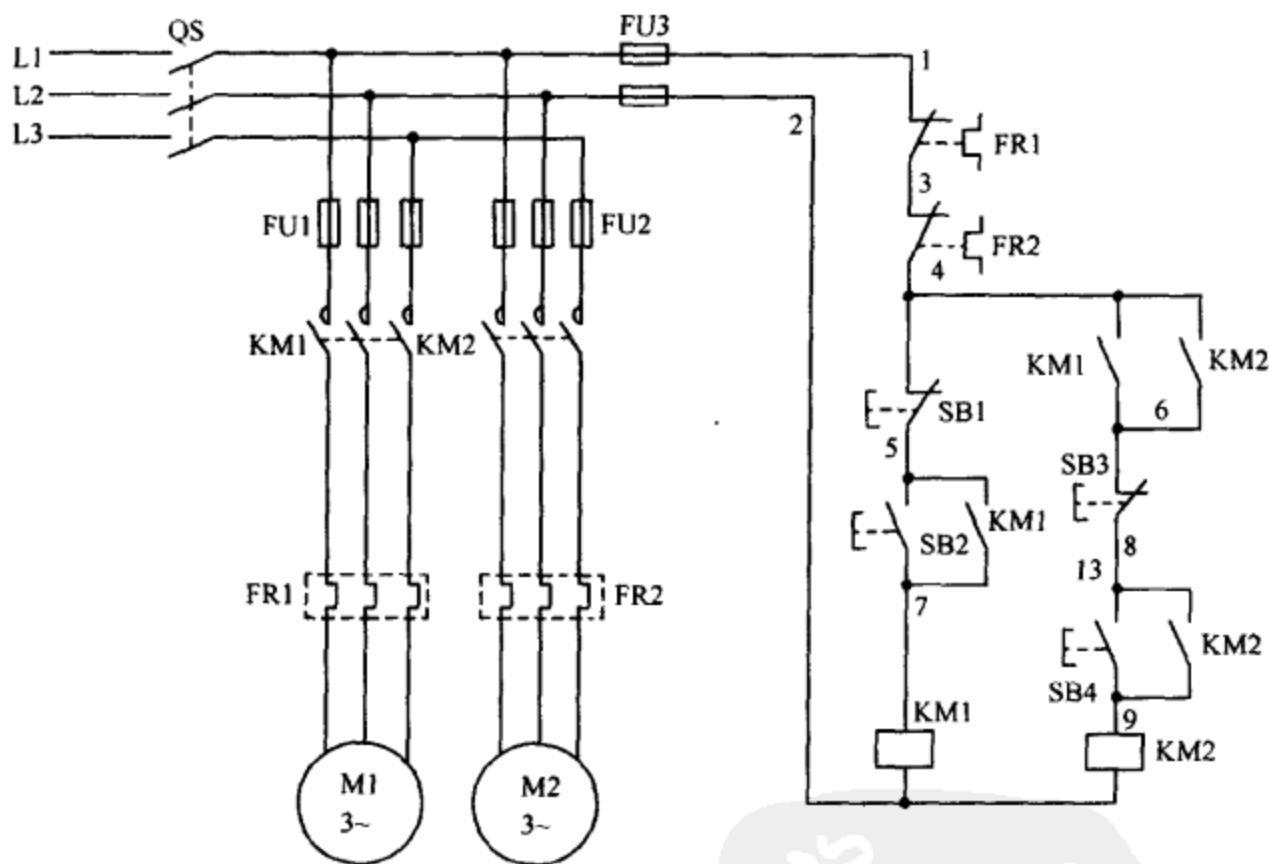


图 2-27 由控制电路实现的顺序控制线路

当需要停止时,按下 SB1,KM1 失电释放,M1 停转,同时,KM1 的辅助动合触点(4-6)复位断开,作为 KM2 失电的制约条件。若按下 SB3,KM2 失电,则 M2 停转。

图 2-28 为另一种由控制电路实现的顺序控制线路。

图 2-28 中,KM1 的辅助动合触头(8-9)作为 KM2 得电的先决条件,串联在 KM2 线圈电路中,这样 KM1 得电后,KM2 才能得电,实现电动机按 M1→M2 顺序起动的控制要求。在触头 KM1(8-9)两端并联开关 SA,该开关闭合,则失去连锁作用,两电动机可不受

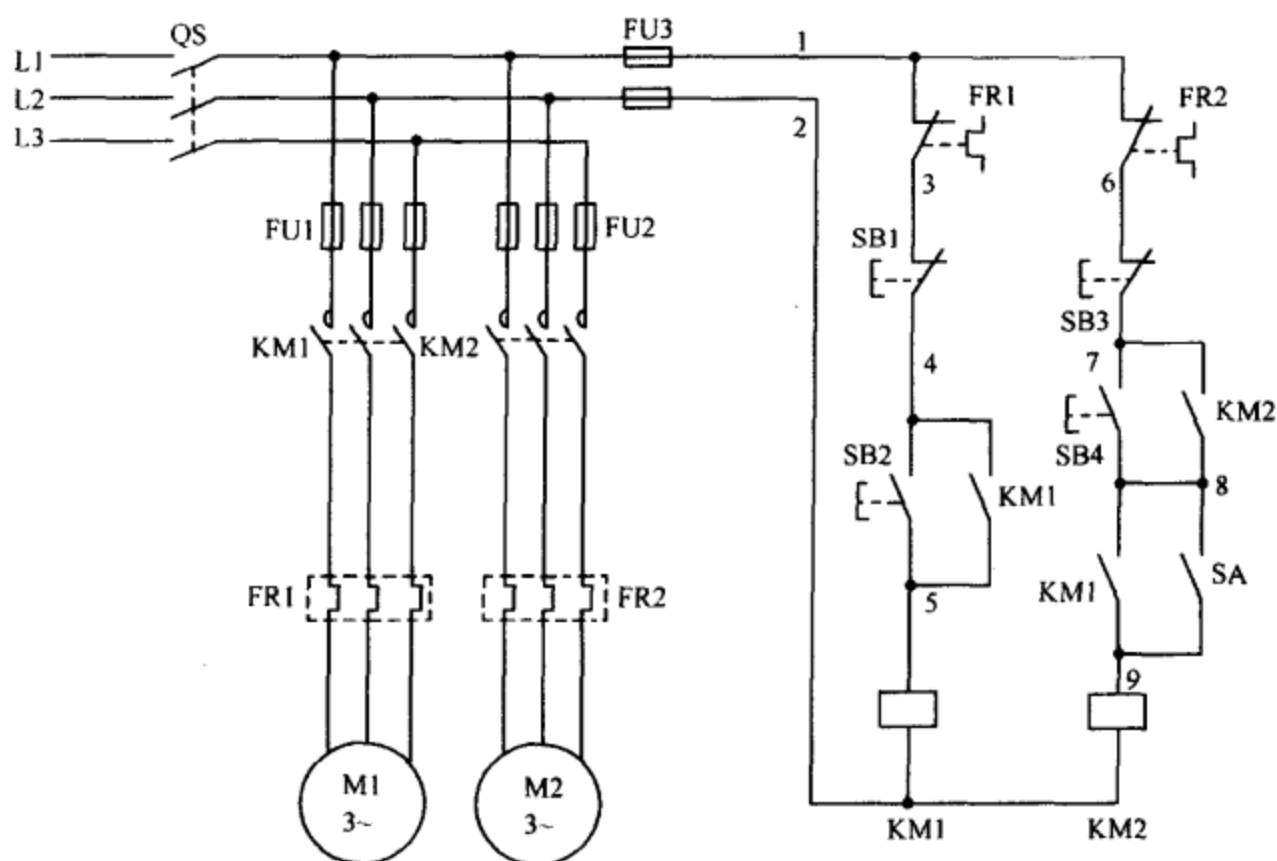


图 2-28 另一种形式的顺序控制线路

约束地任意起动和停止。

该控制线路的工作过程如下：

需要起动 M1 时，按下起动按钮 SB2，KM1 得电吸合并自锁，M1 得电起动，同时，KM1 的辅助动合触点(8-9)闭合，作为 KM2 得电的先决条件。

需要起动 M2 时，按下起动按钮 SB4，KM2 得电吸合并自锁，M2 得电起动。

当需要停止时，按下 SB1，KM1 失电释放，M1 停转，同时，KM1 的辅助动合触点(8-9)复位断开，KM2 失电，M2 停转。若按下 SB3，KM2 失电，则 M2 停转。

图 2-28 所示的电路适用于由两台电动机拖动的运料皮带的起动和停车，如物料经过 2 号皮带送到 1 号皮带，再运送到终点。起动时输送线路后段的 1 号皮带，再起起动输送线路前段的 2 号皮带，否则物料就会堆积堵塞在中途。停车时则相反，先停 2 号后停 1 号。电动机 M1、M2 分别带动 1 号、2 号皮带。每台电动机都有熔断器和热继电器保护元件。图 2-28 所示电路能使皮带运输机可靠地工作。如果起动时错误地按下了 SB4，则由于 KM1 未得电吸合，KM1(8-9)未闭合，因此按 SB4 无效。保证在误操作情况下也不会出事故。在运行中如果按 SB3，则 2 号皮带停车，1 号皮带仍在运转，等皮带上的物料全部送到终点，再按 SB1，整个设备就完全停止工作。

若停止时先按下 SB1，则 KM1 失电释放后，其辅助动合触头 KM1(8-9)立刻复位断开，使 KM2 失电释放，因此两台电动机几乎同时停下来，皮带上物料也不会堆积，这就保证了停车也不会出错。

同理，电动机过载而使热继电器 FR2 动作，只会使电动机 M2 停车，而 FR1 动作时，电动机 M1 和 M2 都停车。

3. 由主电路和控制电路共同实现的顺序控制线路

由主电路和控制电路共同实现的顺序控制线路如图 2-29 所示。

(1) 主电路分析 主电路中共有三台电动机 M1、M2、M3。接触器 KM1 控制电动机

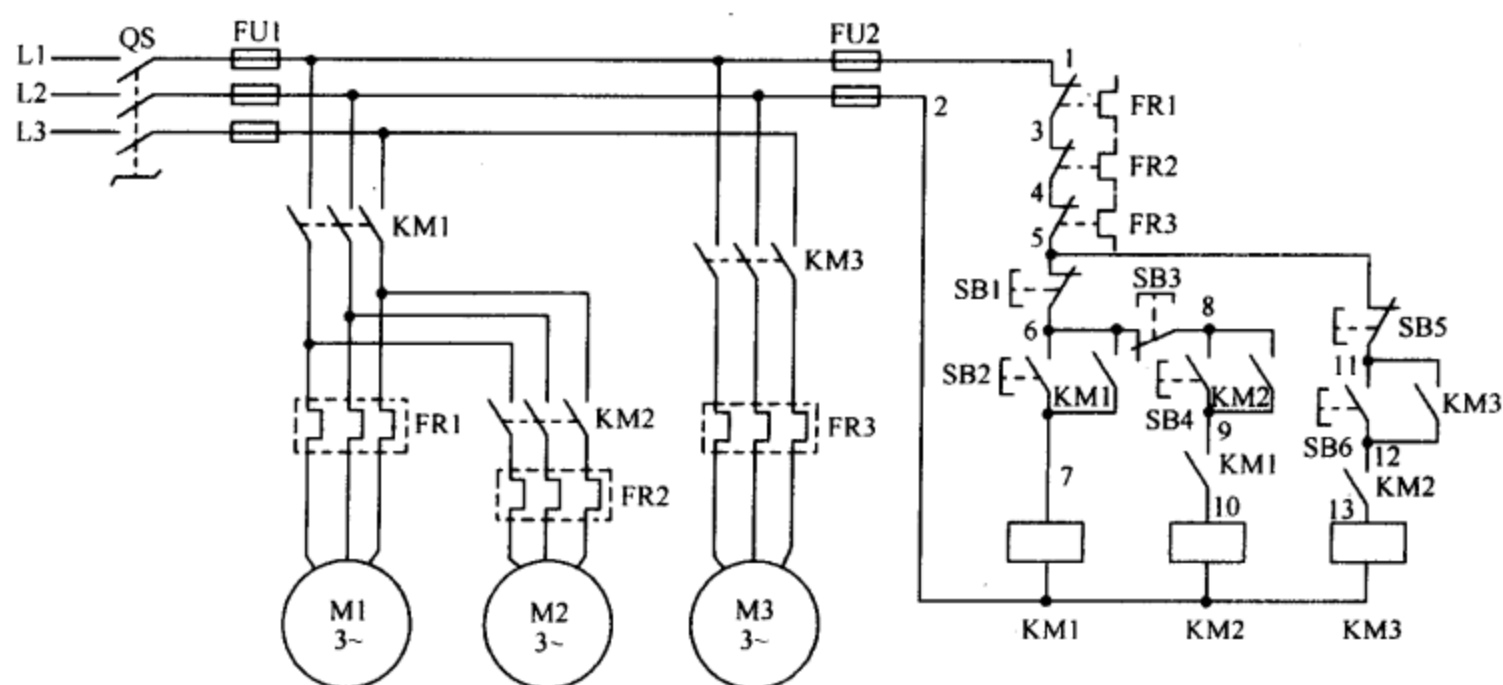


图 2-29 由主电路和控制电路共同实现的顺序控制线路

M1 电源的通断,热继电器 FR1 为电动机 M1 的过载保护。接触器 KM2 控制电动机 M2 电源的通断,热继电器 FR2 为电动机 M2 的过载保护。显然,电动机 M2 只有在接触器 KM1 闭合,也就是电动机 M1 起动运转后它才能起动运转,这就是由主电路实现的顺序控制。接触器 KM3 控制电动机 M3 电源的通断,热继电器 FR3 为电动机 M3 的过载保护。三相电源由 L1、L2、L3 引入,转换开关 QS 为电源总开关,熔断器 FU1 为电源的总短路保护。

(2) 控制电路分析 按下电动机 M1 起动按钮 SB2,接触器 KM1 线圈通电吸合并自锁,其主触点闭合接通电动机 M1 的电源,电动机 M1 起动运转。同时接触器 KM1 的常开触点(9-10)闭合,为接触器 KM2 线圈通电吸合做好准备。按下电动机 M2 起动按钮 SB4,接触器 KM2 通电闭合并自锁,其主触点接通电动机 M2 的电源,M2 起动运转。同时接触器 KM2 的常开触点(12-13)闭合,为接触器 KM3 的通电闭合做好准备。当需要电动机 M3 旋转时,按下电动机 M3 起动按钮 SB6,接触器 KM3 通电闭合,其主触点接通电动机 M3 的电源,电动机 M3 起动运转。

停止时,当分别按下停止按钮 SB1、SB3、SB5 时,其结果亦不相同。按下停止按钮 SB1,接触器 KM1、KM2、KM3 全部失电释放,电动机 M1、M2、M3 全部断电停转;当按下停止按钮 SB3 时,接触器 KM2、KM3 失电释放,电动机 M2、M3 断电停转;当按下停止按钮 SB5 时,接触器 KM3 失电释放,电动机 M3 断电停转。

第六节 变极多速异步电动机的控制

在对工件的加工过程中,往往需要对加工设备(如机床)进行变速。一般普通的机床采用机械变速箱取得相应的转速。但是,对于调速要求较高的机床来说,单纯采用机械变速难以满足变速的要求,故常采用多速电动机拖动,以提高它的调速范围。多速电动机是通过改变电动机绕组极数的方法来改变电动机的同步转速而达到一机多速的。多速电动机控制有双速电动机的控制、三速电动机的控制及四速电动机的控制。而较常用的是双速和三速两种,下面分别讨论它们的控制。

一、双速异步电动机的控制

双速电动机绕组有六个出线头，分别为 U1、V1、W1 和 U2、V2、W2。图 2-30 为双速电动机绕组接线图。

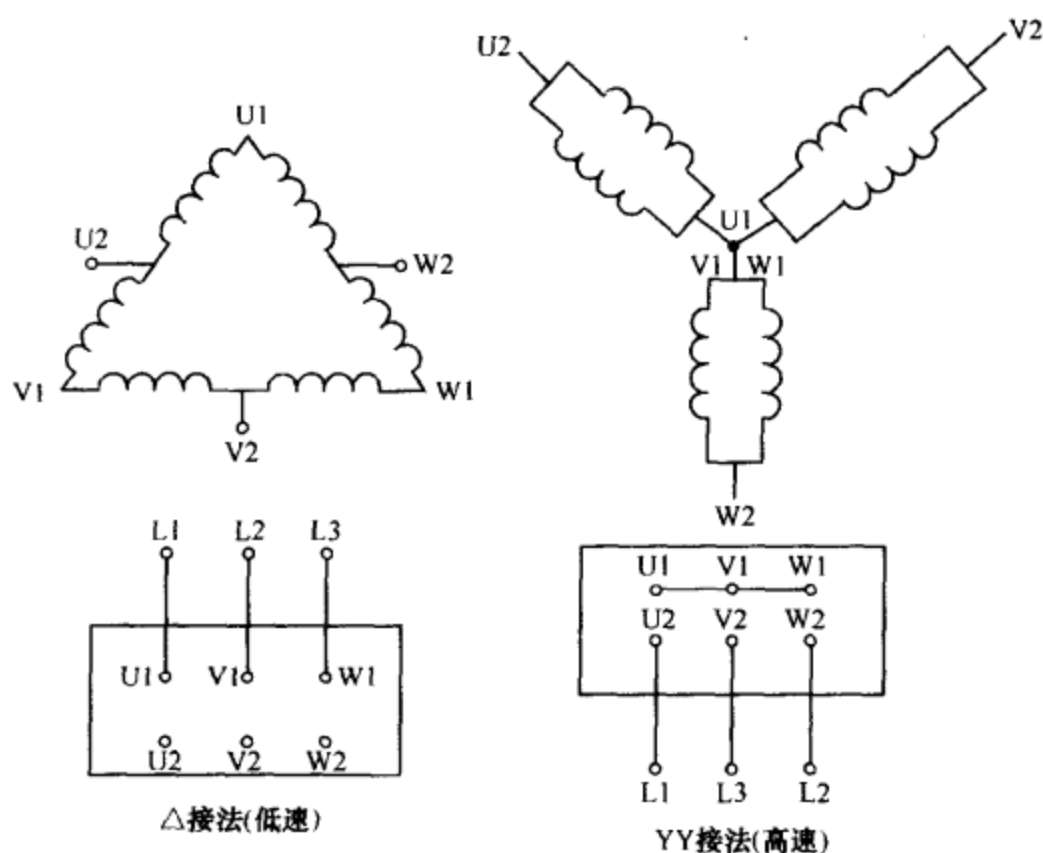


图 2-30 双速电动机绕组接线图

当需要电动机低速运转时，三相电源从出线头 U1、V1、W1 进入电动机绕组中，电动机绕组接成△形接法低速运转。当需要电动机高速运转时，三相电源从出线头 U2、V2、W2 进入电动机绕组中，而 U1、V1、W1 三个出线头短接在一起，此时电动机绕组接成 YY (2Y)形接法，电动机高速运转。

图 2-31 为按钮接触器控制双速电动机电路原理图。

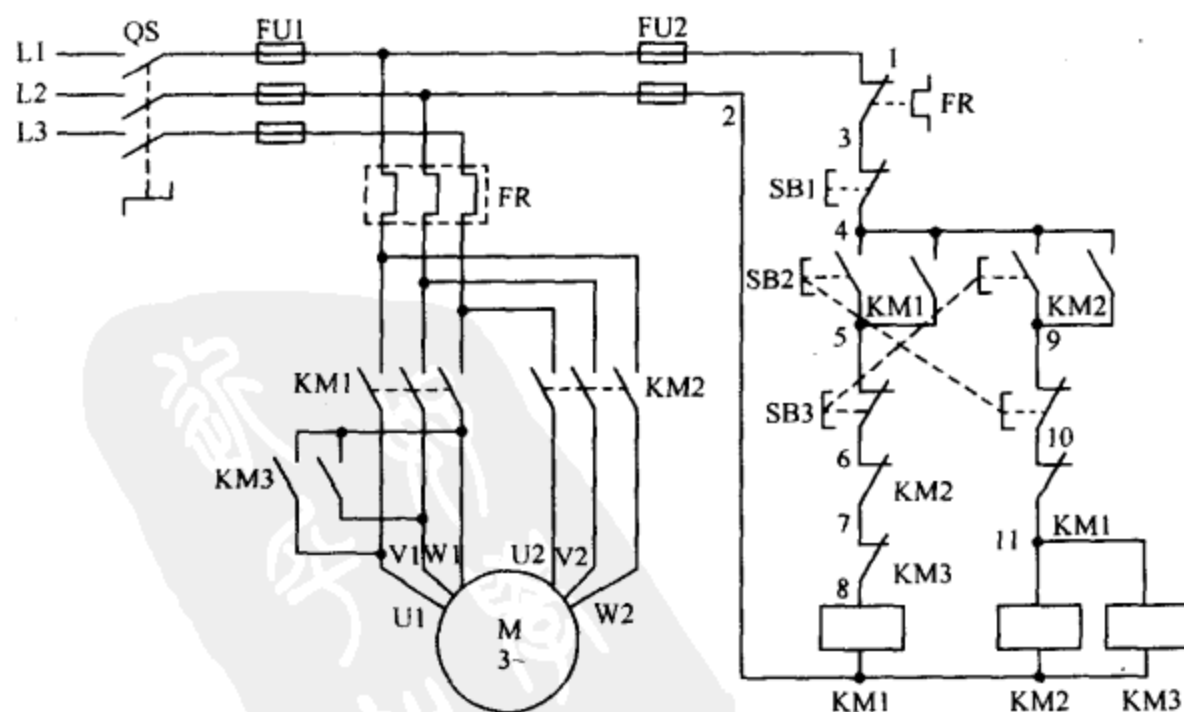


图 2-31 按钮接触器控制双速电动机电路原理图

当主电路中接触器 KM1 闭合,接触器 KM2、KM3 断开时,三相电源从 U1、V1、W1 接线头进入双速电动机 M 中,双速电动机绕组接成 Δ 形低速启动运转。而当接触器 KM1 断开,KM2、KM3 闭合时,三相电源从 U2、V2、W2 接线头进入双速电动机中,双速电动机 M 绕组被接成 YY 形接法高速运转。具体控制过程为:

当需要电动机低速运转或需要电动机从高速运转转换为低速运转时,按下低速运转启动按钮 SB2,SB2 的常闭触点(9-10)首先断开,切断接触器 KM2、KM3 线圈回路电源的通路;然后 SB2 常开触点(4-5)闭合,接通接触器 KM1 线圈电源,接触器 KM1 通电吸合并自锁,主电路中接触器 KM1 主触点闭合,将双速电动机 M 绕组接成 Δ 形接法,三相电源经过 KM1 主触点经 U1、V1、W1 进入双速电动机 M 中,双速电动机 M 低速启动运转。同时,KM1 的常闭触点(10-11)断开,与接触器 KM2、KM3 连锁,使接触器 KM2、KM3 在接触器 KM1 闭合时不能闭合。

当需要电动机 M 高速运转或从低速运转转换为高速启动运转时,按下高速运转启动按钮 SB3,SB3 的常闭触点(5-6)首先断开,切断接触器 KM1 线圈回路电源的通路,然后 SB3 的常开触点(4-9)闭合,接通接触器 KM2、KM3 线圈电源,接触器 KM2、KM3 通电吸合,主电路中接触器 KM2、KM3 主触点闭合,将双速电动机 M 绕组接成 YY 形接法,三相电源经过 KM2 主触点经 U2、V2、W2 进入双速电动机 M 中,双速电动机 M 高速启动运转。同时,KM2 的常闭触点(6-7)和 KM3 常闭触点(7-8)断开,使接触器 KM2、KM3 在闭合时接触器 KM1 不能闭合。

当需要电动机 M 停止时,按下停止按钮 SB1 即可。

重点提示 在双速电动机的控制电路中存在一个高、低速转换同向的问题,即电动机在低速运转时,如果转向是正转(逆时针方向旋转),而在转换为高速时为反转(顺时针方向旋转),这就说明双速电动机在高、低速转换时不同向。为保证电动机旋转方向不变,从一种接法变为另一种接法时,应改变电源的相序。即将双速电动机 M 的接线端 U1、V1、W1 或 U2、V2、W2 中的任意两相调换即可。

图 2-32 为时间继电器接触器控制的双速电动机电路原理图。

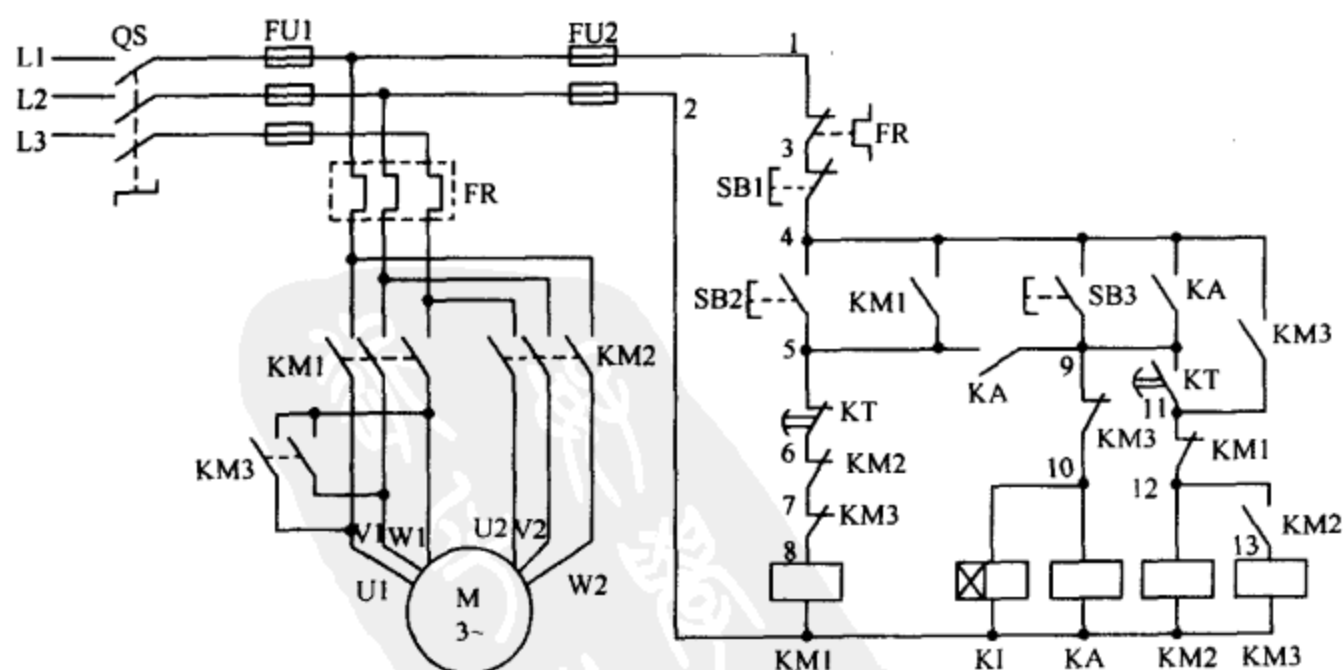


图 2-32 时间继电器接触器控制的双速电动机电路原理图

电路的工作过程如下：

当需要电动机 M 低速运转时，按下低速起动按钮 SB2，接触器 KM1 通电闭合，三相电源经接触器 KM1 主触点，双速电动机 M 接线端 U1、V1、W1 进入电动机 M 的绕组中，电动机 M 绕组接成 Δ 形接法低速起动运转。

当需要电动机高速运转时，按下高速运转起动按钮 SB3，中间继电器 KA 线圈通电闭合，时间继电器 KT 线圈通电闭合并开始计时。中间继电器 KA 的常开触点(4-9)闭合自锁，KA 的常开触点(5-9)闭合，接通接触器 KM1 线圈电源，接触器 KM1 闭合并自锁，其主触点接通电动机 M 低速运转电源，电动机 M 低速起动。经过一定时间，时间继电器 KT 的通电延时常闭触点(5-6)断开，切断接触器 KM1 线圈电源，接触器 KM1 失电释放，KT 的通电延时常开触点(9-11)闭合，接通接触器 KM2、KM3 线圈电源，接触器 KM2、KM3 通电闭合，其主触点将电动机 M 绕组接成 YY 形高速运转。

当需要电动机 M 停止时，按下停止按钮 SB1，电动机 M 即可停止。

二、三速电动机的控制

三速电动机有三个速度挡位，即低速、中速、高速，其定子绕组与电源接线图如图 2-33 所示。

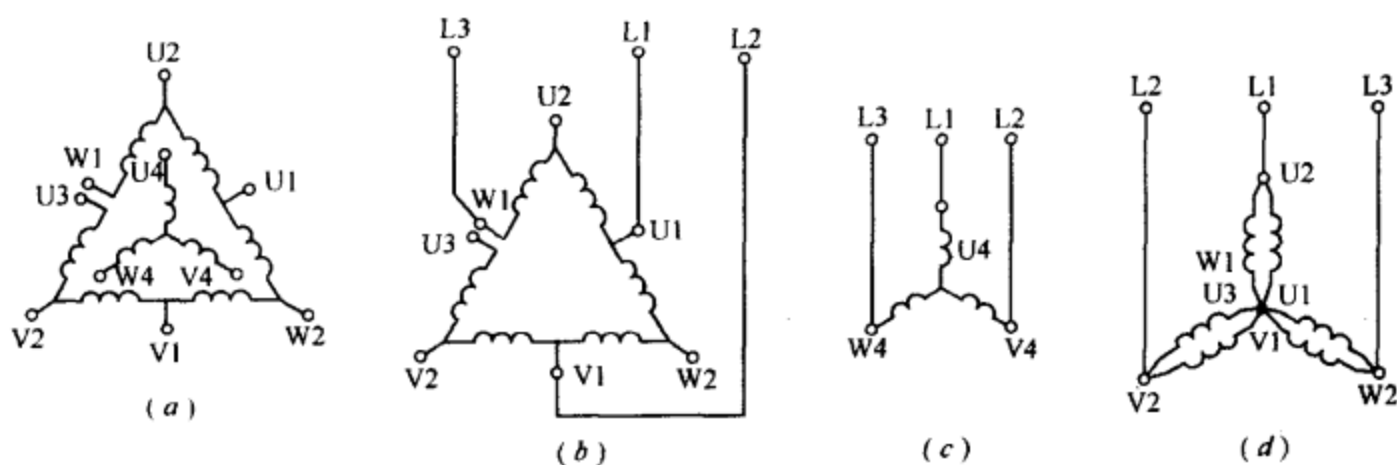


图 2-33 三速电动机定子绕组与电源接线图

从图 2-33(a)可以看出，三速电动机有两套绕组：一套为 Δ 形中心抽头绕组，分别引出接线端 U、V1、W1，U2、V2、W2 和 U3；另一套绕组为 Y 形接法绕组，分别引出接线端 U4、V4、W4。当 Δ 形中心抽头绕组与电源接成 Δ 形时，如图 2-33(b) 所示，电动机低速起动运转；当 Δ 中心抽头绕组与电源接成 YY 形连接时，如图 2-33(d) 所示，电动机高速运转；当电动机 Y 形接法绕组与电源接成 Y 形连接时，如图 2-33(c) 所示，电动机中速运行。可以看出，三速电动机在绕组结构上只不过是比双速电动机绕组多了一套 Y 形接法的绕组，在电动机的调速方面多了一个中速而已，其他方面同双速电动机没有区别。

三速电动机的按钮接触器控制原理图如图 2-34 所示。

当按下低速起动按钮 SB2，接触器 KM1 线圈通电吸合并自锁。其主触点闭合，电动机 M 绕组接成 Δ 形低速运转，同时在接触器 KM2、KM3 线圈回路 KM1 的常闭触点断开，使接触器 KM1 闭合，电动机 M 低速运转时，接触器 KM2、KM3 不能闭合，电动机 M 不能中速或高速起动。当需要电动机 M 停止时，按下停止按钮 SB1，电动机 M 即可停止。同理，按下 SB3 或 SB4，电动机 M 中速或高速起动运转。

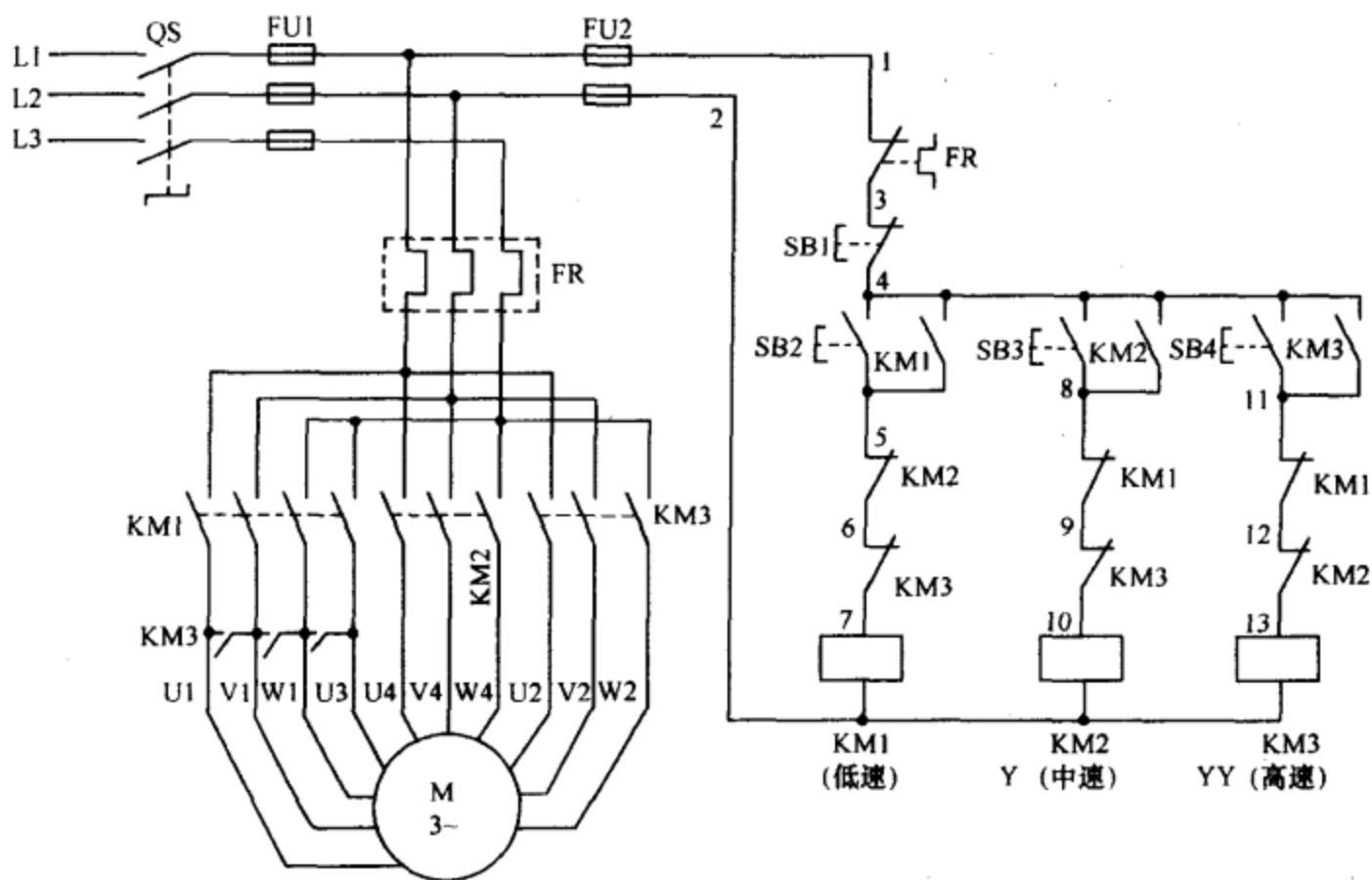


图 2-34 三速电动机控制线路

第七节 三相异步电动机的自启动控制

对工矿企业而言,许多情况下要求当电动机停电后再来电时能自启动,并且在电动机台数较多与容量较大时还要求电动机能分批自启动,以满足生产的需要与减少电动机启动时压降过大而造成对电网的影响。下面简要介绍几种常用的自启动控制线路。

一、短时间停电后来电的电动机自启动

线路如图 2-35 所示,采用断电延时时间继电器来实现短时间停电后来电的自动起

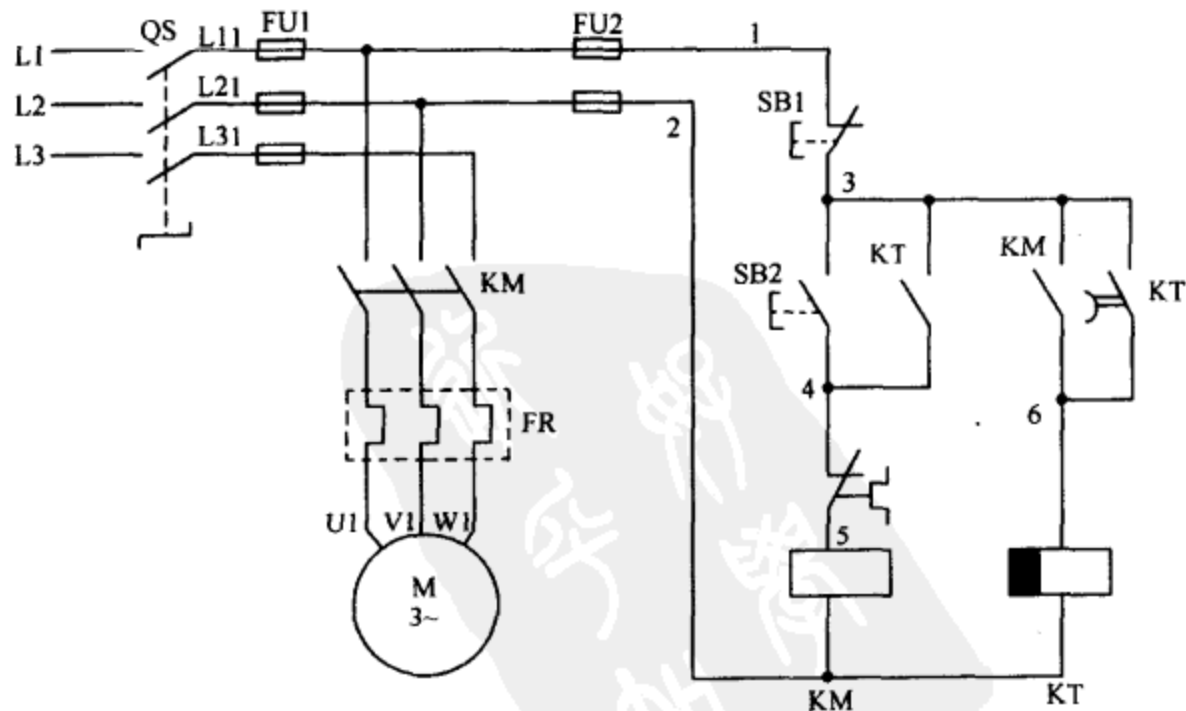


图 2-35 短时间停电后来电的电动机自启动线路

再来电自启动作准备。

当电动机运转过程中出现停电时, KM 失电释放, 其主触头断开, 电动机 M1 停转, 同时其辅助动断触头 KM(4-6) 复位闭合。当电源恢复时, 若停电时间小于 KT1 的断电延时整定时间, 即 KT1 已闭合的断电延时断开触头 KT1(6-7) 尚未断开, 仍处于闭合状态, 此时 KT2 经 FR→SB1→KM(4-6)→KT1(6-7) 而得电吸合, 经通电延时继电器 KT2 延时, 其通电延时闭合触头 KT2(4-5) 闭合, 使 KM 得电吸合并自锁, 其主触头闭合, 电动机得电自启动, KM 的辅助动断触头 KM(4-6) 断开, 使 KT2 失电释放。

由上述可知, 只要调整各电动机自启动电路中的通电延时时间继电器 KT2 的动合触头延时闭合的整定时间, 就能把电动机分成若干批进行自启动。

三、长时间停电后来电再启动电路

长时间停电后来电再启动电路如图 2-37 所示。

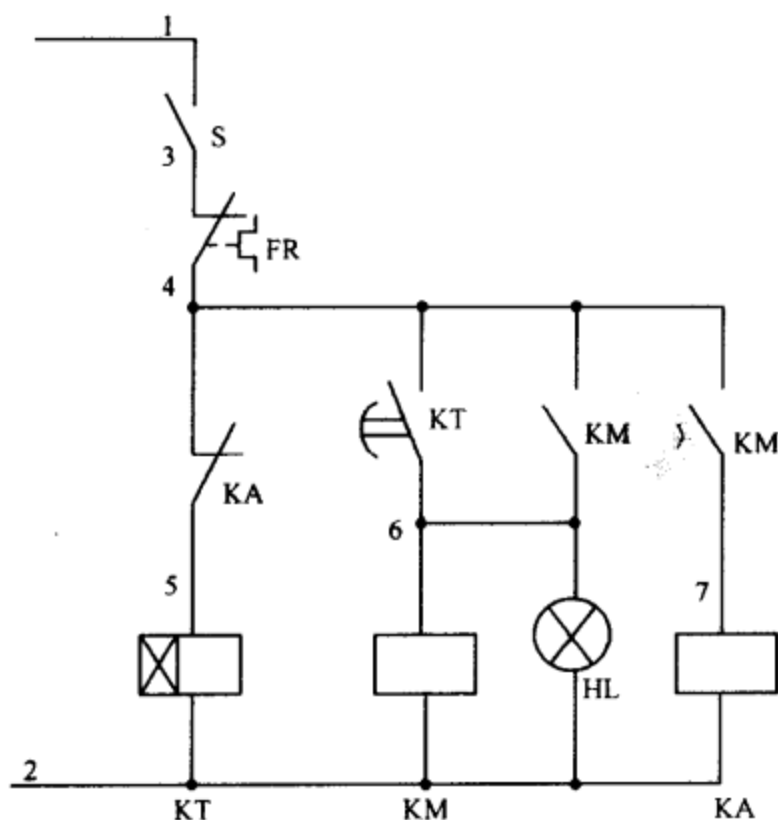


图 2-37 长时间停电后来电再启动电路

该电路利用中间继电器 KA 和通电延时时间继电器 KT 实现长时间停电再启动。控制过程为: 正常启动时, 合上开关 S, 经中间继电器 KA 的动断触头 KA(4-5), 使通电延时时间继电器 KT 得电吸合, 经延时, 其延时闭合触头 (4-6) 闭合, 使接触器 KM 得电吸合, 其主触头闭合, 启动电动机, 其辅助触头 KM(4-6) 闭合自锁 (同时指示灯点亮), 另一辅助触头 KM(4-7) 闭合, 使 KA 得电吸合, 其动断触头 KA(4-5) 断开, 使 KT 失电释放, 切除时间继电器。

若电动机运转时出现停电情况, 则 KM 失电释放, 其主触头断开, 电动机停转, 其辅助触头 KM(4-6)、KM(4-7) 也断开。同时, KT 与 KA 也失电释放, 其触头复位。即整个电路除 S 闭合外其他部分均恢复到原来的静止状态。显然, 无论停电时间多长, 只要下次来电, 电动机就相当于是一次正常启动的自启动。

如果有许多电动机要求分批自启动, 则可通过把各电动机启动电路的通电延时时间

继电器 KT 的触头延时闭合的时间整定不同来实现。如第 1 批电动机的 KT 触头整定为 5s 后闭合进行自启动,第 2 批电动机的 KT 触头整定为 13s 后闭合进行自启动(设第 1 批电动机经 8s 后自启动结束),第 3 批电动机的 KT 触头整定为 20s 后闭合进行自启动(设第 2 批电动机经 7s 后自启动结束),如此等等。

重点提示 该电路具有以下特点。

- (1) 电动机运转中,无论停电时间长短,来电后电动机均能自启动。
- (2) 既可用于一次自启动,也可用于分批自启动。
- (3) 电动机正常运转时,时间继电器 KT 不得电,这样有利于节约用电与延长时间继电器的使用寿命。

第八节 电动机控制系统的保护

为了使电动机能够安全可靠地运行,在实际运行中,需要对电动机进行安全保护。保护环节是所有电气控制系统中不可缺少的组成部分,可靠的保护装置应能防止或减轻对电动机、其他电气设备和人身安全的损害。用于电动机的安全保护装置,按其所起的保护作用,主要有机械保护和电气保护两类。机械保护主要用于大功率电动机的轴承保护,它一般需要对轴承的温度、润滑情况及振动等方面进行检测并采取相应的保护措施,以防止可能发生的轴承烧坏事故。另外,还可用于电动机过转速及过转矩保护。电气保护是对电动机电气方面的故障或异常情况的保护,如短路保护、过载保护、欠压保护、漏电保护等。

为了能够在故障发生初期实现及时而有效的保护,防止故障扩大,电动机的保护装置应该能够在电动机出现故障情况时自动动作,尤其对电气故障。也就是说,保护装置应具有自动保护功能。一些电器具有这样的功能,如熔断器、过电流继电器、热继电器、欠电压继电器、带脱扣器的低压断路器等。对比较复杂或要求保护精度及可靠性较高的电动机拖动系统,可以采用性能更好的保护手段,如用由电子电路构成的保护继电器等,总之,电动机的保护应根据电动机的类型、功率大小、使用场合及所拖动的生产机械的工作情况与重要程度等因素来综合考虑。保护装置不能影响电动机拖动生产机械的正常工作。一般来说,从安全角度考虑,凡是有可能因故障而烧坏电动机的场合、外壳可能漏电危及生命的场合均应尽可能采用电动机保护装置或报警装置;对每台电动机至少应采取短路保护措施;对功率在 1kW 以上连续运行的电动机还应进行过载保护;对频繁启动、制动的电动机也应进行过载保护,以防止电动机因堵转而损坏。下面简要介绍异步电动机的几种常见保护措施。

一、电流型保护

电动机在正常工作时,绕组中的电流一般不会超过其额定值。这里所说的电流异常情况,就是指电流超过电动机额定电流(不包括启动时电流超过额定值的情况)。电动机绕组电流超过其额定值时,电动机发热就会增加,温度就会升高,但只要温升不超过其最大允许值,在短时间内超过额定电流是允许的。也就是说,电动机本身具有一定的过载能力。然而若时间长了,就有可能使温升过高而造成电动机的损坏。因此,电流型保护与过

电流的时间长短是密切相关的,这就需要根据实际情况来选用适当的保护方法。概括起来,电流型保护都要通过保护装置检测电流的大小,当电流达到整定值时,使保护装置动作。按照过电流大小及其影响的不同,可以分为如下几种保护。

1. 短路保护

在电动机有严重的绝缘损坏、接线错误等故障情况下,有可能产生短路现象。短路时电流流过的是非正常路径,瞬时短路电流可能达到电动机额定电流的几十倍甚至上百倍,如果不很快地切断电源,就有可能造成严重的绝缘损坏、导线熔化、起电弧乃至引起火灾,同时在电动机中可能产生很大的电磁力作用,使绕组或机械部件产生不能修复的变形。

短路保护应满足以下要求:一是应具有瞬时动作特性,即必须在很短时间内切断电源;二是当电动机正常起动、制动时,保护装置不应误动作。

常用的短路保护电器元件是熔断器和断路器。

(1) 熔断器保护 熔断器的熔体串联在被保护的电路中,当电路发生短路或严重过载时自动熔断,从而切断电路,起到保护作用。由于熔断器熔体受很多因素影响,其动作值不太稳定,因此比较适合用于对动作准确度和自动化程度较差的系统中,如小容量的笼形电动机、一般的普通交流电源等。

(2) 过电流继电器保护或断路器保护 过电流继电器是测量元件,过电流保护要通过执行元件接触器来完成,因此为了切断短路电流,接触器触头的容量不得不加大。断路器把测量元件和执行元件装在一起,有短路、过载和欠压保护功能,这种开关能在电路发生上述故障时快速地自动切断电源,排除故障后只要重新合上断路器即能重新工作。

在对主电路采用三相四线制或对变压器采用中性点接地的三相三线制的供电电路中,必须采用三相短路保护。若主电路容量较小,其电路中的熔断器可同时作为控制电路的短路保护;若主电路容量较大,则控制电路一定要单独设置短路保护熔断器。

2. 过电流保护

所谓过电流是指电动机的工作电流超过其额定值,时间久了,就会使电动机过热而损坏电动机的绝缘,因此需要采取保护措施。过电流时,电流仍经由正常工作时的路径流通,其值要比短路电流小。过电流常常是由于负载过大或起动不正确而引起的,一般在电动机运行中出现过电流比发生短路的可能性要大,尤其是在频繁正、反转的重复短时工作制电动机中更易出现。因此,过电流保护的動作值应比正常的起动电流略大一些(如可取为它的 1.2 倍),以免影响电动机的正常运行。

过电流保护也要求保护装置能瞬时动作,即只要过电流值达到整定值,保护装置就应立刻动作切断电源。过电流保护一般可以采用过电流继电器,用其常闭触头去控制接触器的动作。还可以采用电流传感器来检测电动机电流,经电子电路对检测到的电流信号变换后,产生控制信号去驱动接触器动作。

3. 过载保护

电动机过载是指其工作电流超过额定值使绕组过热。引起过载的原因是多样的,如负载的突然增加、电源电压降低、电动机轴承磨损等。过载时间长了,就会使电动机温升超过允许值而损坏绝缘,因此要进行过载保护。

过载保护与上面介绍的过电流是类似的,但过载保护与过电流保护却有差别,它们的不同之处在于其动作效应不同,即过电流保护是由电磁效应来引发保护装置动作的(即是

针对电流的瞬时大小),而过载保护则是由电流的热效应(即电流对时间的累积结果)来引发保护装置动作。因此,过载保护的电流整定值一般要比过电流保护时的小,通常在电动机的额定电流的 1.5 倍以内。由于有这种差别,所以不能采用过电流保护方法来进行过载保护,否则就会出现这样的情况:当电动机因负载的暂时增大而短时过载、之后又恢复正常时,电动机温升并未超出允许值而仍可继续工作,如果用过载保护,只要整定值合适,就不会使电动机停止运行;而如果对此用过电流保护,在同样的整定值下就会切断电源而影响生产机械的正常工作。

过载保护应采用热继电器或电动机保护器作为保护元件。

热继电器具有与电动机相似的反时限特性,但由于热惯性的关系,热继电器不会受短路电流的冲击而瞬时动作。当有 6 倍以上的额定电流通过热继电器时,需经 5s 后才动作,这样,在热继电器动作前,就可能使热继电器的发热元件先烧坏,因此,在使用热继电器作过载保护时,还必须装有熔断器或低压断路器配合使用。

电动机过载保护还可以采用带长延时脱扣器的低压断路器或具有反时限特性的过电流继电器。采用带长延时脱扣器的低压断路器时,脱扣器的整定电流一般可取为电动机的额定电流值或略大一些(如 1.1 倍),并应考虑到电动机实际起动时间的长短。采用过电流继电器时,它应该有延时作用,以保证产生过电流的时间长于起动时间时继电器才动作。

最后需要强调指出的是,上述的过电流和过载保护虽然都是在过电流故障下进行的保护,但是由于故障电流大小与电流整定值的差异以及保护特性和所用保护装置的不同,它们之间是不能互相代替的,应根据电动机的保护要求正确使用。

二、电压型保护

异步电动机的转矩、定子电流与电源电压有密切关系,电源电压上下波动时,电动机的转矩和定子电流也相应地发生变化。电动机接至额定频率的电源上正常工作时,要求电源电压为额定值。但在实际运行中,有可能出现电压过高、过低或者非人为因素的突然断电情况,如果不加以处理,就可能造成电动机的损坏或人身事故,因此,在电气控制电路设计中,应根据要求设置失电压保护、欠电压保护及过电压保护。

1. 失电压保护

如果电动机在正常工作时突然掉电,那么在电源电压恢复时,就可能自行起动,造成人身事故或机械设备损坏。对电网来说,许多电动机同时起动,也会引起不允许的过电流和过大的电压降,而电热类电器则可能引起火灾。为防止电压恢复时电动机的自行起动或电器元件自行投入工作而设置的保护,称为失电压保护。采用接触器和按钮控制电动机的起、停电路,就具有失电压保护功能。如果正常工作中电网电压消失,接触器就会自动释放而切断电动机电源。当电网恢复正常时,由于接触器自锁电路已断开,因而不会自行起动。只有操作人员重新按下起动按钮,电动机才能起动。该控制电路具有失电压、欠电压保护功能,其优点是:

- (1) 防止电源电压严重下降时电动机欠电压运行。
- (2) 防止电源电压恢复时,电动机自行起动而造成设备和人身事故。
- (3) 避免多台电动机同时起动造成电网电压的严重下降。

但如果不采用按钮,而用不能自动复位的手动开关、行程开关等控制接触器,则必须采用专门的零压继电器。对于多位开关,要采用零位保护来实现失电压保护,即电路控制必须先接通零压继电器,在工作过程中,一旦失电,零压继电器释放,其自锁也释放,当电网恢复正常时,就不会自行投入工作。

2. 欠电压保护

电动机或电器元件在有些应用场合下,当电网电压降到额定电压的 $60\% \sim 80\%$,就要求能自动切除电源而停止工作,这种保护称为欠电压保护。因为电动机在电网电压降低时,其转速、电磁转矩都将降低甚至堵转。在负载一定的情况下,电动机电流将增加,不仅影响产品加工质量,还会影响设备正常工作,使机械设备损坏或造成人身事故。另一方面,由于电网电压的降低,如降到额定电压的 60% ,控制电路中的各类交流接触器、继电器既不能释放又不能可靠吸合,处于抖动状态并产生很大噪声,致使线圈电流增大甚至过热,造成电器元件和电动机的烧毁。

除上述采用接触器及按钮控制方式,利用接触器本身的欠电压保护作用外,还可以采用低压断路器或专门的电磁式电压继电器来进行欠电压保护,其方法是将电压继电器线圈跨接在电源上,其动合触头串接在接触器控制回路中。当电网电压低于整定值时,电压继电器动作使接触器释放。由于电流增加的幅度尚不足以使熔断器和热继电器动作,因此两者不起保护作用,如果不采取措施,时间一长将损坏电动机。

3. 过电压保护

当由于某种原因使异步电动机的电源电压超过其额定值时,电动机的定子电流增大,使电动机发热增多,时间久了就会造成电动机损坏。如果电压比额定值高很多,则电动机定子电流就会超出额定值许多而可能烧坏电动机。因此,需要进行过电压保护。

最常见的过电压保护装置是过电压继电器。电源电压一旦过高时,过电压继电器的常闭触头就立即动作,从而控制接触器及时断开电源。过电压继电器的动作电压整定值一般可为电动机额定电压的 1.05 倍 ~ 1.2 倍。

三、断相保护

异步电动机在正常运行时,如果电源任一相突然断路,电动机就处于断相运行。此时电动机实际上是在单相电源下运行,电动机定子电流会增大,转速要下降甚至会堵转,时间一长就会烧坏电动机。实践表明,断相运行是使电动机损坏的主要原因之一。因此应进行断相保护,或称缺相保护。

引起电动机断相运行的原因很多,例如熔断器一相熔体烧断、电动机绕组一相断路、一相接触不良或松脱、电源一相线路断开等,其中尤以熔断器一相烧断的情况最为常见。因此,国际电工委员会专门规定:凡是使用熔断器保护的电动机,都应设有断相保护装置。

断相运行时,线路电流和电动机绕组连接因断相形式(电源断线、绕组断线等)的不同而不同;电动机负载越大,故障电流也越大。断相运行时,通常可以根据电流或电压发生的变化特征检测出断相信号,构成断相保护装置。断相保护可用的方法较多,现举例如下。

1. 用带断相保护的热继电器

断相运行时,采用没有断相保护的热继电器虽然有时也能起到保护作用,但毕竟有很大的局限性。特别是对正常运行时采用 Δ 形接法的电动机,发生断相故障时,在故障相线

电流小于对称运行时保护电流的整定值时,非故障相绕组的电流却可能已经超过了其额定值。因此,如把热继电器的热元件串接在三相进线中,采用无断相保护的热继电器就不能起到保护作用。所以,应选用带断相保护的热继电器进行断相保护,与此同时还可实现电动机的过载保护。

2. 采用电压继电器

对三相Y形接法的对称负载,其中性点对地的电压值理论上应为零(实际上不可能完全对称,会有一定的电压,但其值很小)。Y形接法的电动机有这样一个中性点,对△形接法的电动机则可以人为地造成这样一个中性点。在中性点与地之间接入电压继电器的电磁线圈,当电动机断相运行时,中性点对地电压会升高到几十伏,使继电器动作,驱动接触器切断电源。采用这种方法应注意避免因三相电动机接通电源的瞬间,三相可能有先后而造成的电压继电器的误动作。

3. 采用欠电流继电器

可以将三个欠电流继电器串接入电动机的三相进线中,并将它们的常闭触头串联起来去控制接触器。由于电动机断相运行时故障相的电流会大幅度减小或变为零,这时其中一个欠电流继电器会动作,通过接触器切断电源。

4. 熔断丝电压保护

熔断丝电压保护是针对熔断器一相熔断丝熔断的断相保护。一相熔断丝熔断后,电动机处于断相运行,在熔断丝两端就会产生电压。利用该电压可使继电器动作,控制接触器去切断电源。

5. 采用专门为断相运行而设计的断相保护继电器

断相保护继电器的主体是能够检测出断相的电子电路。电动机正常运行时,电路输出电压为零;断相运行时,电路会输出一个电压,可以触发接触器动作去切断电源。这样的电子电路的形式有很多,这里不作详细介绍。

四、温度保护

这里所说的温度保护,是指直接反映温度高低、防止温度过高的保护。

在电动机电流没有超过额定值时,由于通风不良、环境温度过高、起动次数过于频繁等原因,会使电动机过热。这些情况下,采用上面介绍的过电流保护及过载保护都不能解决问题,因此需要直接反映温度变化的热保护器。

温度保护通常可采用温度继电器。温度继电器主要有双金属片式和热敏电阻式两种,它们都直接被埋置在发热部位(绕组之中或其端部、轴承等),因此也称为嵌入式或装入式热保护器。热敏电阻式温度继电器中的热敏电阻具有正温度系数,且有温度系数大、灵敏度高、体积小、坚固可靠等优点,因此得到了广泛的应用。此外,热敏电阻还可用来检测电动机断相运行时故障相的温度以实现断相保护。

五、漏电保护

上面介绍的各种保护都是以电动机为直接保护对象的。当电动机出现漏电时,现场操作人员如果触及电动机,就可能发生人身伤害事故。以人为直接保护对象(同时也可防止漏电引起的火灾或爆炸事故)、以人体接触的安全电压或流过人体的电流时间允许值为

基准来自动切断低压电源的保护就是漏电保护。

目前,常采用电流动作式漏电继电器来进行电动机漏电保护。漏电继电器适用于已具有低压断路器或交流接触器作电源总开关的场合,通过漏电继电器的触头来控制断路器的脱扣或者接触器的线圈,在很短的时间内切断电源,起到漏电和触电保护作用。

六、电动机常用保护电路分析

1. 防止电压波动造成电动机停止的电路

防止电压波动造成电动机停止的电路如图 2-38 所示。

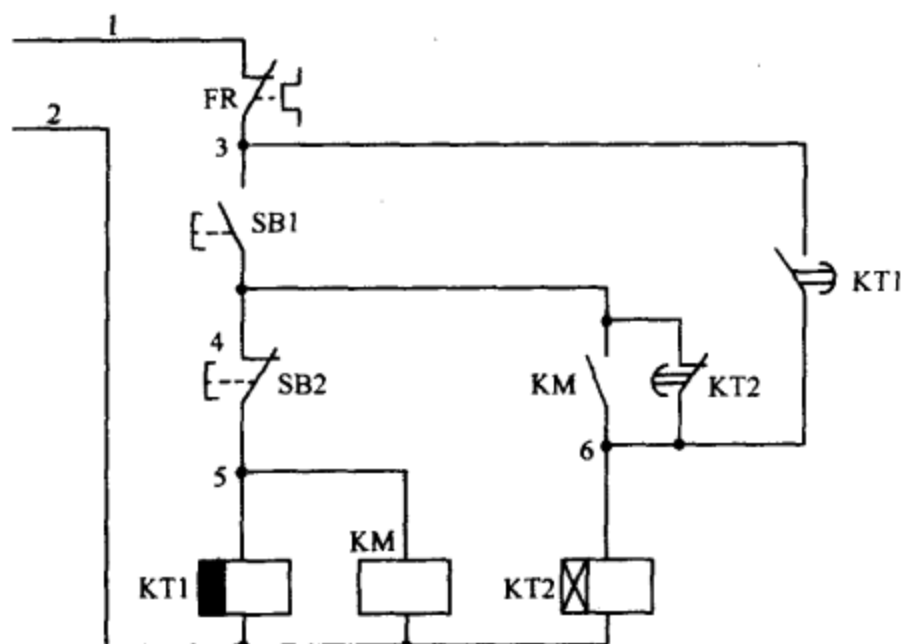


图 2-38 防止电压波动造成电动机停止的电路

起动时,按下起动按钮 SB1,接触器 KM、断电延时时间继电器 KT1 和通电延时时间继电器 KT2 相继得电吸合,KM 的主触头闭合,电动机转动。同时,KM 的动合触头 KM(4-6)闭合,KT1 的断电延时断开触头(3-6)闭合;这样经 KM 的已闭合的动合辅助触头(4-6)和 KT1 的已闭合的触头(3-6),使 KM、KT1、KT2 保持吸合状态。经延时,通电延时继电器 KT2 的延时断开触头(4-6)断开,为电压波动造成电动机失电释放重新起动作准备。

停止时,按下 SB2,则 KM、KT1 失电释放,电动机停转,KT1 已闭合的触头(3-6)经延时后断开,KT2 失电释放,其延时断开触头(4-6)闭合。

当电路电压波动或短时停电时,KM、KT1、KT2 均失电释放,电动机停转。但在 KT1 的延时断开的动合触头 KT1(3-6)尚未断开前恢复供电,则 KM 和 KT1 仍可经过 KT1 和 KT2 触头得电吸合、自锁,电动机自动起动。如果电压在 KT1 延时触头断开之后恢复正常,则控制电路不通,电动机将不能自行起动。

由上述可知,电路的延时时间只与断电延时继电器 KT1 延时时间有关;通电延时继电器 KT2 触头的延时断开时间只要保证大于 KM 触头的固有闭合时间就可以。

2. 电动机典型保护电路

电动机典型保护电路如图 2-39 所示。

熔断器 FU1、FU2 作为短路保护;热继电器 FR 作过载保护(热保护);过流继电器 KI1、KI2 作为过流保护;中间继电器 KA 作为零压保护;欠电压继电器 KV 作为欠压保护;连锁保护通过正向接触器 KM1 与反向接触器 KM2 的动断触头来实现。

电路的工作过程是:合上电源开关 QS,当电源电压正常时,欠电压继电器 KV 得电吸合,其动合触头 KV(12-13)闭合,使中间继电器 KA 得电吸合。KA 的动合触头 KA(5-6)、KA(8-9)闭合,作为 KM1、KM2 得电的条件。从而使 KM1 或 KM2 可以得电吸合,电动机 M 可以正转、反转起动运转。

3. 电动机多功能保护电路

71

电路。

保护信号由电流互感器 TA1、TA2、TA3 串联后取得。这种互感器选用具有较低磁饱和密度的磁环制成。电动机运行时磁环处于饱和状态,因此互感器副边绕组中的感应电动势,除基波外还有三次谐波成分。

当电动机正常运行时,三相的线电流基本平衡(大小相等,相位互差 120°),因此在互感器副边绕组中的基波电动势合成为零,但三次谐波电动势合成后是每相电动势的三倍。取得的二次谐波电动势经过二极管 VD2 整流、VD1 稳压、电容器 C1 滤波,再经过 R1 与 R2 分压后,供给晶体管 VT 的基极,使 VT 饱和导通。于是继电器 KA 吸合,KA 动合触头闭合。按下起动按钮 SB2 时,接触器 KM 得电吸合。

当电动机电源断开一相时,其余两相线电流大小相等、方向相反,互感器三个串联的副边绕组中只有两个绕组感应电动势,且大小相等,方向相反,结果互感器副边绕组总电动势为零,既不存在基波电动势,也不存在三次谐波电动势。于是 VT 的基极电源为零,VT 截止,接在 VT 集电极的继电器 KA 释放,接触器 KM 失电释放,KM 主触头断开,切断电动机电源。

当电动机由于过载或其他故障使其绕组温度过高时,热敏电阻 RT 的阻值急剧上升,改变了 R1 和 R2 的分压比,使晶体管 VT 的基极电流下降到很低的数值,从而使 VT 截止,继电器 KA 释放,同样能切断电动机电源。

第九节 电气设备的维修

电气设备的维修包括日常维护保养和故障检修两方面的工作。

一、电气设备的维护保养

1. 电气设备维护保养的重要性

各种电气设备在运行过程中会产生各种各样的故障,致使设备停止运行而影响生产,严重的还会造成人身或设备事故。引起电气设备故障的原因,除部分是由于电器元件的自然老化引起之外,还有相当部分的故障是因为忽视了对电气设备的日常维护和保养,以致使小毛病发展成重大事故,还有些故障则是由于电气维修人员在处理电气故障时的操作方法不当,或因缺少配件凑合行事,或因误判断、误测量而扩大了事故范围所造成。所以为了保证设备正常运行,以减少因电气修理的停机时间,提高劳动生产率,必须十分重视对电气设备的维护保养。另外根据各厂设备和生产的具体情况,应储备部分必要的电气元件和易损配件等。

2. 日常维护

电力拖动电路和机床电路的日常维护对象有电动机,控制、保护电器及电气线路本身。维护内容如下:

(1) 检查电动机 定期检查电动机相绕组之间、绕组对地之间的绝缘电阻;电动机自身转动是否灵活;空载电流与负载电流是否正常;运行中的温升和响声是否在限度之内;传动装置是否配合恰当;轴承是否磨损、缺油或油质不良;电动机外壳是否清洁。

(2) 检查控制和保护电器 检查触点系统吸合是否良好,触点接触面有无烧蚀、毛刺

和穴坑;各种弹簧是否疲劳、卡住;电磁线圈是否过热;灭弧装置是否被损坏;电器的有关整定值是否正确。

(3) 检查电气线路 检查电气线路接头与端子板、电器的接线桩接触是否牢靠,有无断落、松动、腐蚀、严重氧化现象;线路绝缘是否良好;线路上有无油污或脏物。

(4) 检查限位开关 检查限位开关是否能起限位保护作用,重点检查滚轮传动机构和触点工作是否正常。

二、电气故障的检修方法

常用的电气故障的检修方法有电压法、电阻法短路法和开路法。

1. 电压法

利用仪表测量线路上某点的电压值来判断确定机床电气故障点的范围或元器件故障的方法叫电压法或电压测量法。

用电压法测量机床电气故障时,应根据该线路上的电压值,选择好万用表的量程进行测量。例如,某磨床液压泵电动机控制电路如图 2-41 所示。按下液压泵电动机 M1 的起动按钮 SB3,液压泵电动机 M1 不起动。根据故障现象,这时可用电压法检查。如果按下液压泵电动机 M1 的起动按钮 SB3,接触器 KM1 闭合,但液压泵电动机 M1 不能起动,这是主电路的问题。可以用万用表交流 500V 挡测量 U12、V12、W12 点三相是否有 380V 电压。如果有 380V,则液压泵电动机 M1 有问题,应检查电动机 M1。若一相或三相都没有 380V 电压,则测量 U11、V11、W11 点有没有 380V 电压,如果有,则 FR1 断路;如果没有,测量 U1、V1、W1 是否有 380V 电压,若有,则 KM1 主触头接触不好;若无,则往上检查。以此类推直至查出主电路上的故障点。

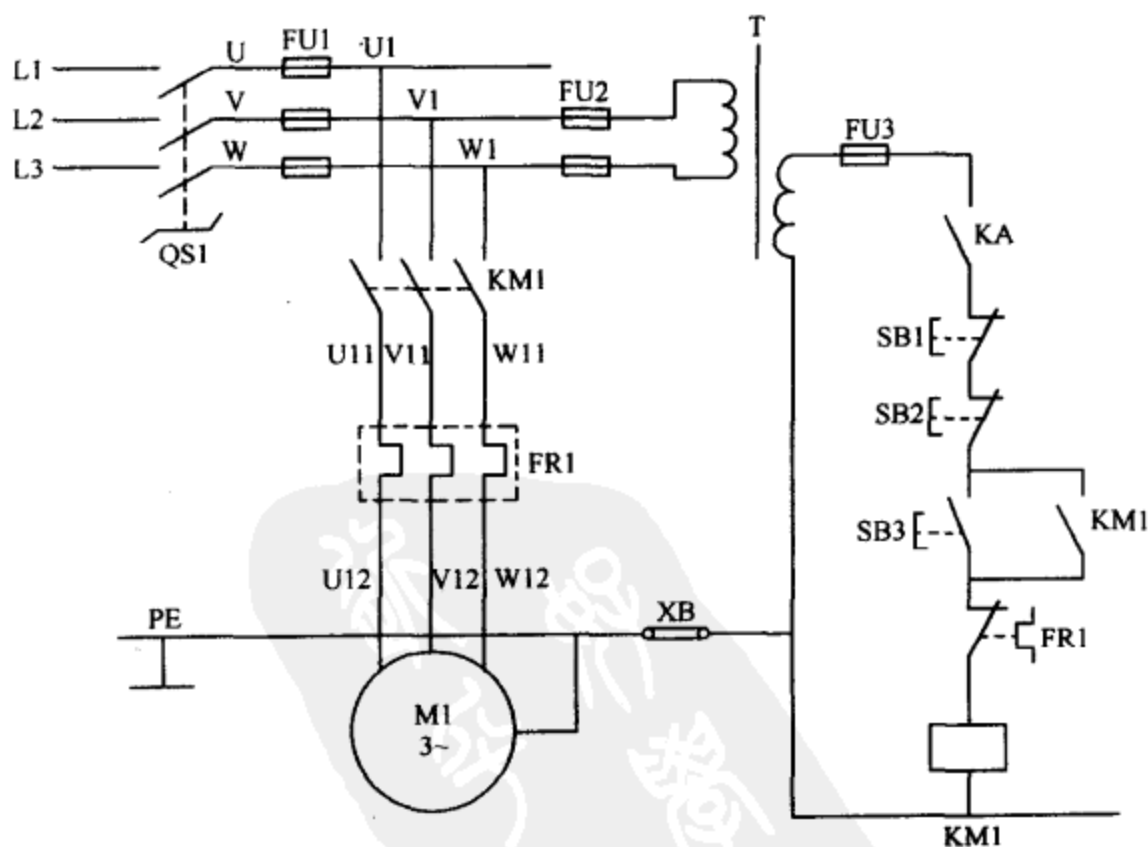


图 2-41 液压泵电动机 M1 控制线路

在应用电压法测量线路时,可采用以下测量技巧。

1) 分阶测量

图 2-42 所示线路,若按下起动按钮 SB2,接触器 KM1 不吸合,说明电路有故障。检修时,首先用万用表测量 1、7 两点电压,若电路正常,应为 380V。然后按下起动按钮 SB2 不放,同时将黑色表棒接到 7 点,红色表棒依次接 6、5、4、3、2 点,分别测到 7、6 之间,7、5 之间,7、4 之间,7、3 之间,7、2 之间的电压。电路正常时,各阶电压应为 380V。如测到 7、6 之间无电压,说明是断路故障,可将红色表棒前移,当移到某点电压正常时,说明该点以后的触头或接线断路,一般是此点后第一个触头或连线断路。

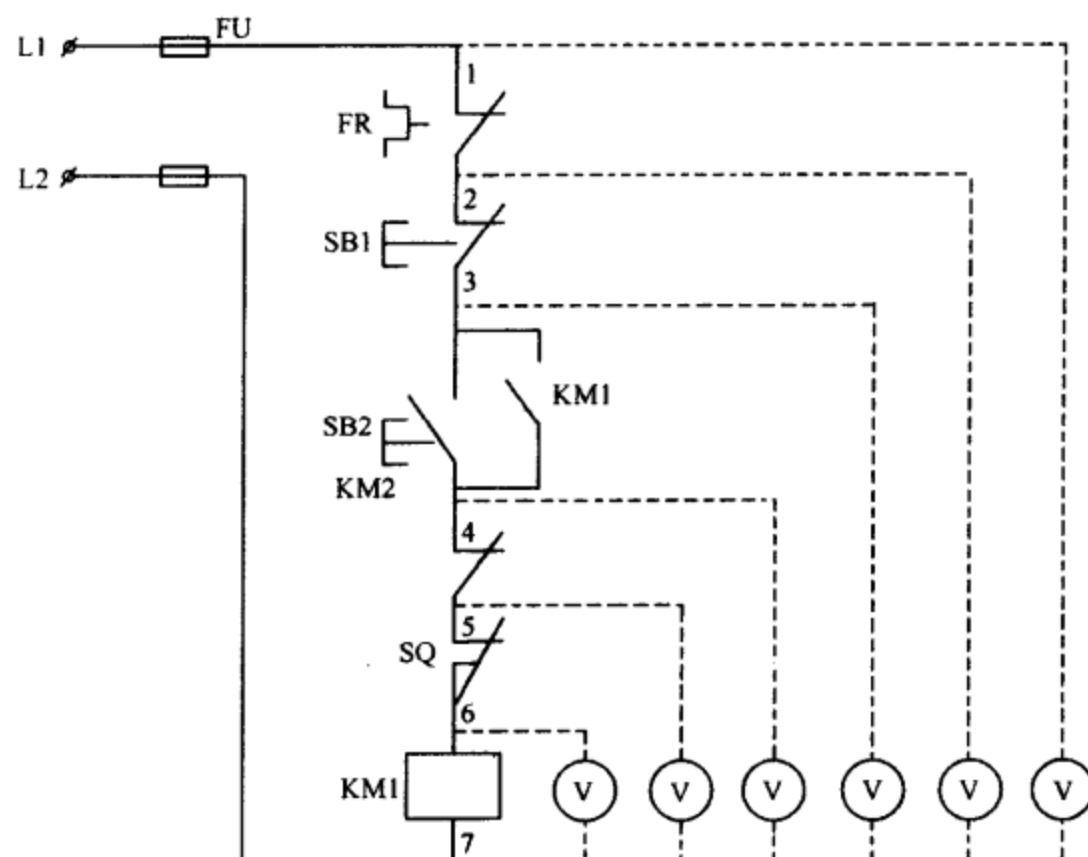


图 2-42 分阶测量法

2) 分段测量

图 2-43 所示线路,即先用万用表测试 1、7 两点电压,电压为 380V,说明电源电压正常。然后逐段测量相邻两点 1、2 之间,2、3 之间,3、4 之间,4、5 之间,5、6 之间,6、7 之间的电压。如电路正常,除 6、7 两点间电压等于 380V 外,其他任意相邻两点间的电压都应为零。如测量某相邻两点电压为 380V,说明两点所包括的触头及其连接导线接触不良或断路。

3) 对地测量

机床电气控制线路接在 220V 电压且零线直接接在机床床身时,可采用对地测量法来检查电路的故障。

如图 2-44 所示,用万用表的黑表棒逐点测试 1、2、3、4、5、6 等各点,根据各点对地电压来检查线路的电气故障。

用电压法检测电路的故障点简单、明了、直观,但应注意线路中的交流电压和直流电压的测量,并应注意万用表电压量程,切不可用万用的电流挡或电阻挡在线路上带电进行测量,以免烧坏万用表。

2. 电阻法

利用仪表测量线路上某点或某个元器件的通断来确定故障点的方法叫电阻法。用电阻法来检查机床故障时,应先切断机床电源,然后用万用表电阻挡对有怀疑的线路或元器件进行测量。

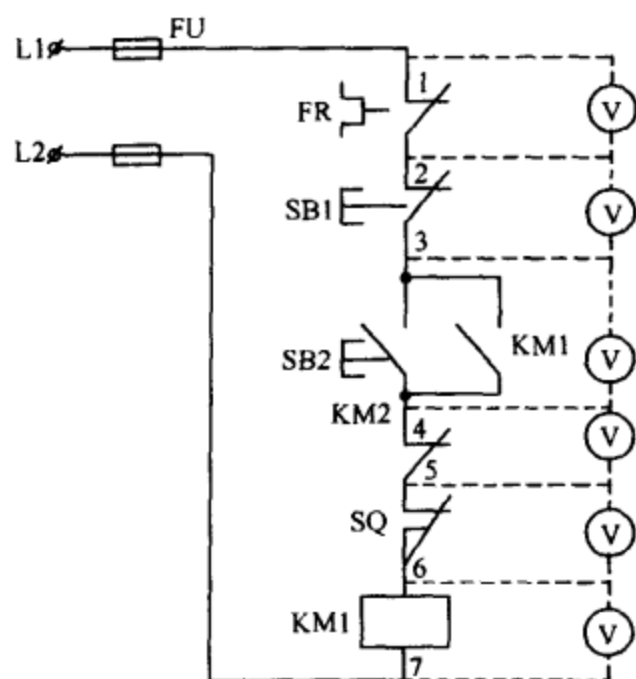


图 2-43 分段测量法

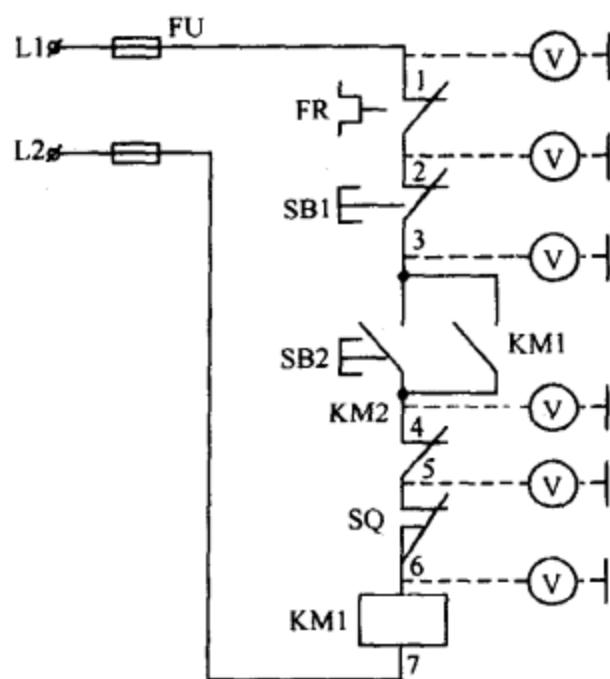


图 2-44 对地测量法

在用电阻法测量线路时,可采用以下测量技巧。

1) 分阶电阻测量

如图 2-45 所示,按启动按钮 SB2,若接触器 KM1 不吸合,说明电气回路有故障。检查时,先断开电源,按下 SB2 不放,用万用表电阻挡测量 1、7 两点间电阻。如果电阻无穷大,说明电路断路;然后逐段测量 1、2,1、3,1、4,1、5,1、6 各点间的电阻值。若测量某点的电阻突然增大时,说明表棒跨接的触头或连接线接触不良或断路。

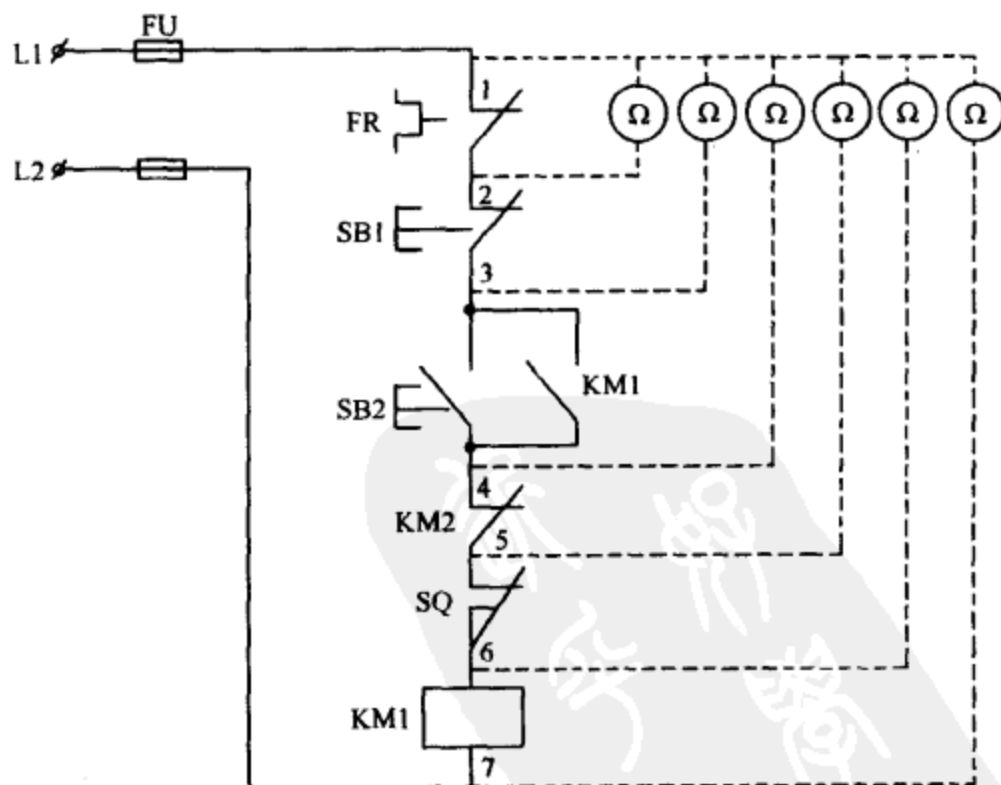


图 2-45 分阶电阻测量

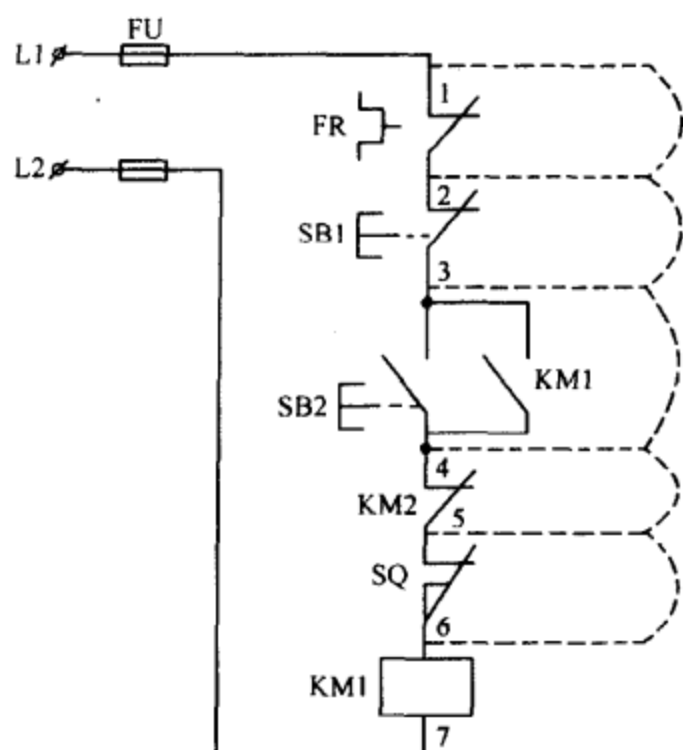


图 2-48 局部短接

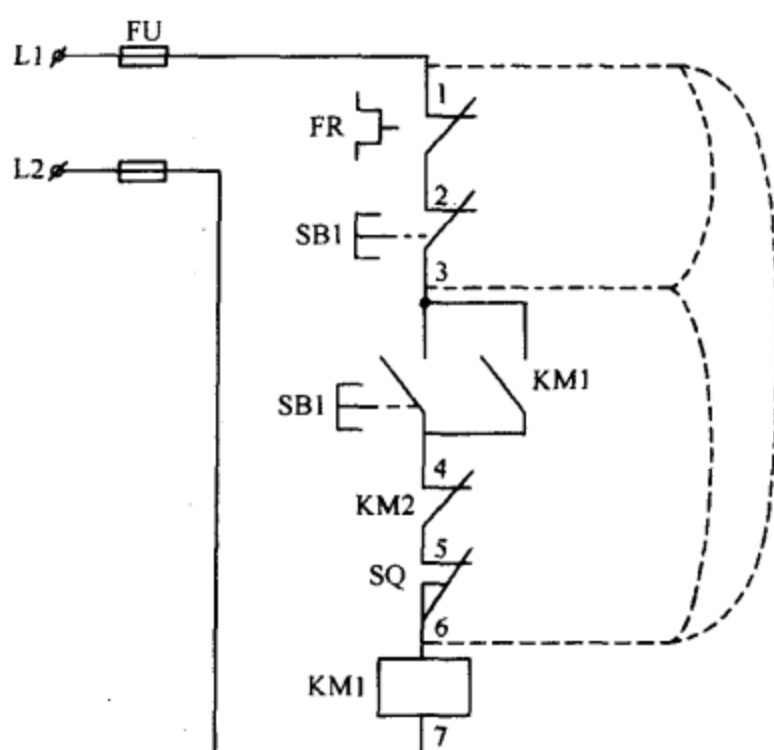


图 2-49 长短短接

重点提示 短路法简单、实用，查找故障快捷、迅速，是熟练维修电工常用的方法之一。它主要用在电气控制电路的故障检查上。但在使用过程中一定要注意“等电位”点的概念，不能随意进行短路。例如在图 2-49 中，1 号线与 6 号线为“等电位”点，即在 1 号线与 6 号线之间没有串接任何器件使 1 号线和 6 号线产生电位差，可以短接。但是 1 号线与 7 号线就不是等电位点，它们之间接了一个 KM1 线圈，存在较高的电压差，如果将它们短接，就会发生短路事故。这是检修人员在用短路法之前务必要弄清楚的概念。

4. 开路法

在检修电气线路时，有时为了检测特殊需要，必须将线路断开进行检查，这种方法叫开路法。例如，在图 2-41 电路中，如果按下 SB3，接触器 KM1 闭合，电动机不起动，但有“嗡嗡”声，可以断定电动机缺相。但是究竟是电动机本身绕组断路还是电源缺相？这时必须断开电动机的三相电源进行测量，否则在测量时若电动机处于单相运行状态，可能会烧毁电动机。如果测量线路上均有 380V 电压，则证明电动机有问题，应重点检查电动机，否则检查主电路。

三、电气故障的检修步骤

对于初学者来说，一旦电气设备出现电气故障，怎样去检修，如何确定检修步骤是很重要的。电气设备故障检修一般分为以下几个步骤。

1. 准备工作

包括必需的工具、仪表、电气电路图和其他资料等。

2. 读图

对于要检修的设备，首先必须读懂电气原理图。如果原理图都弄不清楚，根本就无法进行检修。初学者对有的电路图一时弄不清楚，这不要紧，慢慢地读。在读图的过程中分清主电路及其他部分，并将主电路和控制电路化整为零，明确哪部分控制电路控制哪部分主电路。

3. 检修前的故障调查

通过“问、看、听、摸、操作”，弄清楚故障现象和故障发生前后的情况。

问 首先向设备操作者了解故障发生的前后情况，故障是首次发生还是经常发生；是否有烟雾、跳火、异常声音和气味出现；有何失常和误动；是否经历过维护、检修或改动线路等。

看 观察熔体是否熔断；电器元件有无发热、烧毁、触点熔焊、接线松动、脱落及断线等情况。

听 倾听电动机、变压器和电器元件运行时的声音是否正常。

摸 电动机、变压器和电磁线圈等发生故障时，温度是否显著上升，有无局部过热现象。

操作 对机床的所有功能进行操作，在操作中发现机床的故障。

4. 分析故障大致范围

由以上“问、看、听、摸、操作”基本弄清楚故障的现象，这时即可结合电路图分析故障的大致范围，然后采用相应的检测方法，找出故障点。

仍以图 2-41 为例来说明。故障现象为按下 SB3，M1 不起动，这时可以用“听”来分析判断是主电路的问题还是控制电路的问题。如果听到有接触器的闭合声，M1 不起动，这时可断定为主电路的问题，应用电压法检测主电路的三相电压是否正常。若听不到接触器的闭合声，可断定为控制电路的故障，此时可用电压法、电阻法或短路法对电路进行检查，找出故障点。

5. 更换元器件

故障点找出后，需要更换元器件。更换元器件时，新的元器件必须符合设备原有元器件的标准，比如额定电压值、额定电流值、功率等。例如，接触器在更换时不但要注意它的额定电流值，还要注意它的额定电压值。机床上一般使用 110V 电压的接触器，绝对不能将额定电压为 24V 的接触器装上，否则会烧毁接触器线圈；也不能将额定电压为 380V 的接触器装上，这样将会造成接触器通电后接触器不闭合或吸力不足产生振动，使接触器线圈中电流增大而烧毁接触器线圈。

第三章 实用电气控制线路分析

前面已经介绍和讨论了电动机的基本控制线路。下面将对典型生产机械的电动机控制进行分析和讨论。由于生产机械类型、运动形式和工艺要求等的不同,便会对控制提出各种各样的要求,这就有多种形式的控制电路,即使对于同样的控制要求,也可以有不同的控制电路来实现。本章将以若干典型电气设备的控制线路为例,讨论每种设备的工作情况及其对控制的要求,介绍主电路各基本环节,了解电动机拖动功能,分析控制电路和其他电路的特点。

第一节 普通车床的控制线路

车床是机械加工中应用最为广泛的金属切削机床。车床可以车削工件的外圆、内圆、端面和螺纹等,并可以装上钻头或铰刀进行钻孔或铰孔等加工。车床的种类很多,有卧式车床和立式车床等,其中以卧式车床应用更为普遍。现以 C620-1 型卧式车床为例进行分析。

C620-1 型卧式普通车床主要由床身、主轴变速箱、挂轮箱、进给箱、溜板箱、溜板与刀架、尾架、丝杠、光杠等部分组成,如图 3-1 所示。

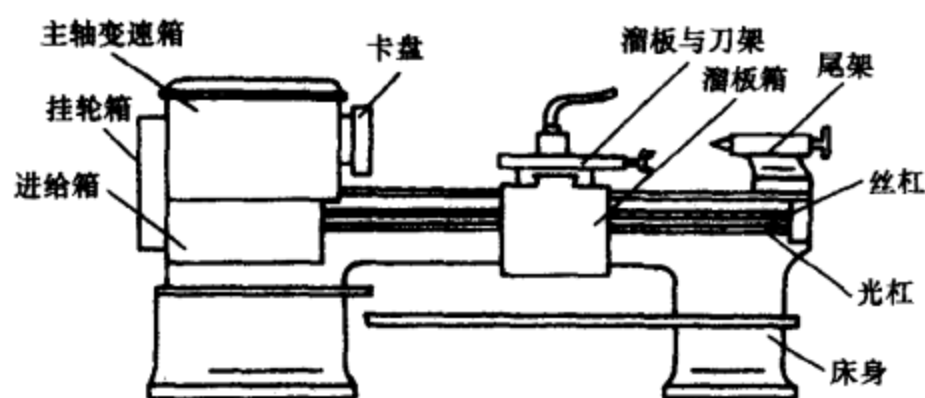


图 3-1 普通车床结构示意图

车床作切削加工时,主运动是工件作旋转运动,而刀具作直线进给运动。三相异步电动机输出的转矩,由三角皮带通过主轴变速箱传给主轴,进给运动是通过主轴运动分出一部分动力,通过挂轮箱传给进给箱来实现刀具的进给。而有的车床为了提高工作效率,刀架的快速运动可由一台单独的进给电动机来拖动。

改变主轴的转速是通过变换主轴变速箱外的手柄位置,即变换传动比而获得的,当然这种变速是有级调速。主轴一般只要求单方向旋转,只有车削螺纹时才需要用反转来退刀,而其反转是用操纵手柄通过机械方法来实现的,故主轴电动机只要求单方向旋转。

车床进行车削加工时,刀具的温度高,需用切削液来进行冷却。为此,车床设有一台

异步电动机单独驱动冷却泵。而有的车床还专门设有润滑泵,对系统进行润滑。图 3-2 为 C620-1 型车床的控制线路,分为主电路、控制电路和照明电路三部分,下面分别进行介绍。

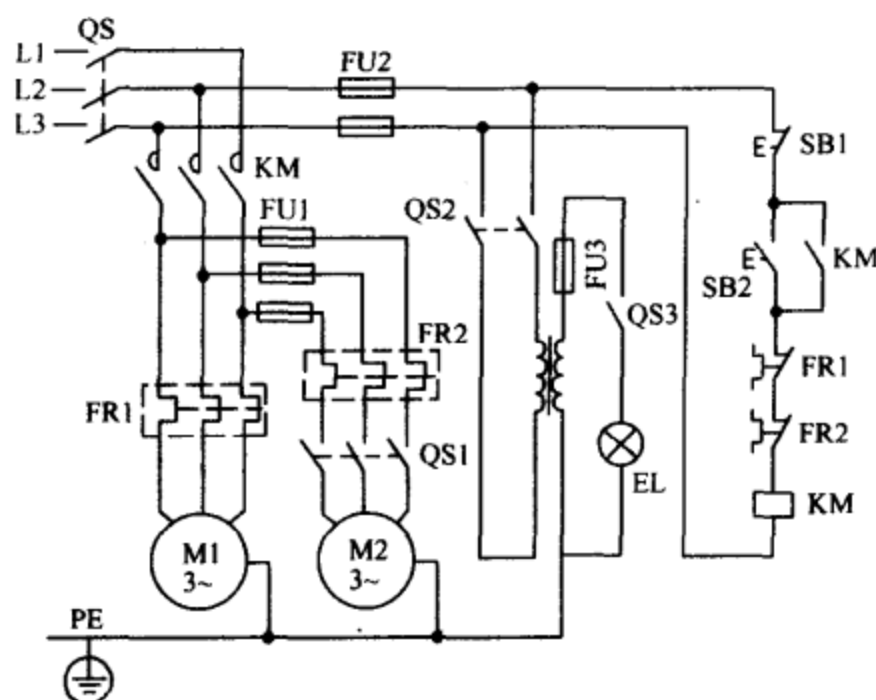


图 3-2 C620-1 型车床的控制线路

一、主电路分析

车床共有两台电动机。其中 M1 为主轴电动机,拖动主轴旋转以及刀架作进给运动; M2 为切削液泵电动机,专为车削时输送切削液用。主轴电动机 M1 仅作单方向旋转,主轴的正反转靠摩擦离合器来实现。这两台电动机是联动控制的,即电动机 M2 必须在 M1 起动后才能起动。因为电动机 M1 和 M2 的容量都不大,均采用直接起动。电动机 M1 和 M2 分别由热继电器 FR1、FR2 作过载保护,由熔断器 FU1、FU2 作短路保护。

二、控制电路分析

控制电路的电源电压为 380V,它直接接在主电路的两相电源上。主轴电动机的起动和停止,由按钮 SB2、SB1 和接触器 KM 控制。合上电源开关 QS,按下起动按钮 SB2,接触器 KM 线圈通电吸合,主电路中 KM 的主触点闭合,电动机 M1 起动。与此同时,KM 的辅助动合触点闭合而自锁,保证电动机 M1 起动后继续运转。

若车削过程中需要冷却刀具或工件,只要合上开关 QS1,电动机 M2 通电起动,带动切削液泵供应切削液。

按下停止按钮 SB1,接触器 KM 线圈断电释放,KM 主触点和辅助触点都断开,电动机 M1 停转,电动机 M2 也停止转动。

三、照明电路分析

照明电源由一台 380V/24V 变压器 T 提供 24V 安全电压,合上开关 QS3,照明灯接通。为防止照明变压器原绕组与副绕组短路时可能发生触电事故,副绕组的一端通过连接片 XB 与保护接地 PE 相连。熔断器 FU3 用于短路保护。

四、常见故障分析

1. 主轴电动机不能起动

(1) 总开关中的熔断丝熔断。

(2) 热继电器动作, 其常闭触点未复位。

(3) 电源开关接通后, 按下起动按钮, 接触器没有吸合。这种故障常发生在控制电路中, 可能是控制电路 FU2 熔断丝熔断, 起动按钮或停止按钮内的触点接触不良; 交流接触器 KM 的线圈烧毁或触点接触不良等。

(4) 电动机损坏。

2. 按下起动按钮, 电动机发出嗡嗡声, 不能起动

这种故障一般是由于电动机的三相电源线断了一相造成的。可能的原因有: 熔断器有一相熔断丝烧断; 接触器有一对主触点没有接触好; 电动机接线有一处断线等。一旦发生此类故障, 应立即切断电源, 否则会烧坏电动机。

3. 主轴电动机起动后不能自锁

按下起动按钮, 电动机能起动; 松开按钮, 电动机就自行停止。故障的原因是接触器 KM 自锁用的辅助常开触点接触不好或接线松开。

4. 按下停止按钮, 主轴电动机不停止

出现此类故障的原因主要有两方面: 一是接触器主触点熔焊, 主触点被杂物卡住或有剩磁, 使它不能复位; 二是停止按钮常闭触点被卡住, 不能断开。

5. 冷却泵电动机不能起动

主要原因是主轴电动机未起动; 熔断器 FU1 熔断丝烧断; 转换开关 QS1 损坏或者冷却泵电动机损坏。

第二节 平面磨床的控制线路

磨床是用砂轮的端面或周边对工件的表面进行磨削加工的精密机床。通过磨削, 使工件表面的形状、精度和粗糙度等达到预期的要求。磨床的种类很多, 按其工作性质可分为平面磨床、外圆磨床、内圆磨床、工具磨床以及一些专用磨床, 如螺纹磨床、齿轮磨床、球面磨床、花键磨床、导轨磨床与无心磨床等, 其中尤以平面磨床应用最为广泛。平面磨床根据工作台的形状和砂轮轴与工作台的关系又可分为卧轴矩台平面磨床、立轴矩台平面磨床、卧轴圆台平面磨床、立轴圆台平面磨床等。下面以 M7130 型卧轴矩台平面磨床为例进行分析。

M7130 型平面磨床是卧轴矩形工作台式, 主要由床身、工作台、电磁吸盘、砂轮箱(又称磨头)、滑座和立柱等部分组成, 如图 3-3 所示。

在磨床的箱形床身中装有液压传动装置, 工作台通过活塞杆由油压推动作往复运动, 床身导轨有自动润滑装置进行润滑。工作台表面有 T 形槽, 用以固定电磁吸盘, 再由电磁吸盘来吸持加工工件。工作台的行程长度可通过调节装在工作台正面槽中的撞块的位置来改变。换向撞块是通过碰撞工作台往复运动换向手柄以改变油路来实现工作台往复运动的。

在床身上固定有立柱,沿立柱的导轨上装有滑座,砂轮箱能沿其水平导轨移动。砂轮轴由装入式电动机直接拖动。在滑座内部往往也装有液压传动机构。滑座可在立柱导轨上作上下移动,并可由垂直进刀手轮操作。砂轮箱的水平轴向移动可由横向移动手轮操作,也可由液压传动做连续或间接移动,前者用于调节运动或修整砂轮,后者用于进给。

砂轮的旋转运动是主运动,进给运动有垂直进给(滑座在立柱上的上下运动)、横向进给(砂轮箱在滑座上的水平运动)和纵向进给(工作台沿床身的往复运动)。工作台每完成一次往复运动时,砂轮箱作一次间断性的横向进给;当加工完整个平面后,砂轮箱作一次间断性的垂直进给。

M7130 型卧轴矩台平面磨床的控制线路如图 3-4 所示。分为主电路、控制电路、照明电路和电磁吸盘控制电路四部分。

一、主电路分析

M7130 型卧轴矩台平面磨床主电路中共有三台电动机。砂轮电动机 M1 为机床的主动力,带动砂轮对工件进行磨削加工,由接触器 KM1 控制其电源的通断;冷却泵电动机 M2 带动冷却泵供给加工过程中的冷却液,它通过接插件 XP1 与砂轮电动机 M1 的电源相连接。热继电器 FR1 为主轴电动机 M1 和冷却泵电动机 M2 的过载保护。M3 为液压泵电动机,由接触器 KM2 控制其电源的通断,热继电器 FR2 为它的过载保护。

机床三相电源由电源总开关 QS1 引入,熔断器 FU1 为电动机 M1、M2、M3 的总短路保护。

二、控制电路分析

1. 砂轮电动机 M1 的控制

砂轮电动机 M1 必须在电磁吸盘 YH 处于正常工作状态的情况下才能起动运转。当电磁吸盘处于正常工作状态时,欠电流继电器线圈 KA 得电闭合,KA 常开触点(4-5)闭合,为各电动机起动做好准备。按下砂轮电动机起动按钮 SB1,接触器 KM1 线圈得电闭合,砂轮电动机 M1 起动运转。按下停止按钮 SB2,接触器 KM1 线圈失电释放,砂轮电动机 M1 停转。

2. 冷却泵电动机 M2 的控制

冷却泵电动机 M2 只有在砂轮电动机 M1 起动后才能起动。在加工过程中如需要冷却液时,只需将冷却泵电动机的插头插入接插件 XP1,冷却泵电动机 M2 即可运转,带动冷却泵供给冷却液。当不需要冷却液时,将冷却泵电动机的插头从接插件 XP1 中拔出,冷却泵电动机即可停转。

3. 液压泵电动机 M3 的控制

按下液压泵电动机 M3 的起动按钮 SB3,接触器 KM2 的线圈得电闭合,液压泵电动机 M3 通电运转。按下液压泵电动机 M3 的停止按钮 SB4,接触器 KM2 失电释放,液压泵电动机 M3 断电停转。

三、电磁吸盘充磁、去磁控制电路

电磁吸盘的充磁、去磁是通过转换开关 QS2 转换至“充磁”或“去磁”的位置来进行控

图 3-3 磨床的外形图

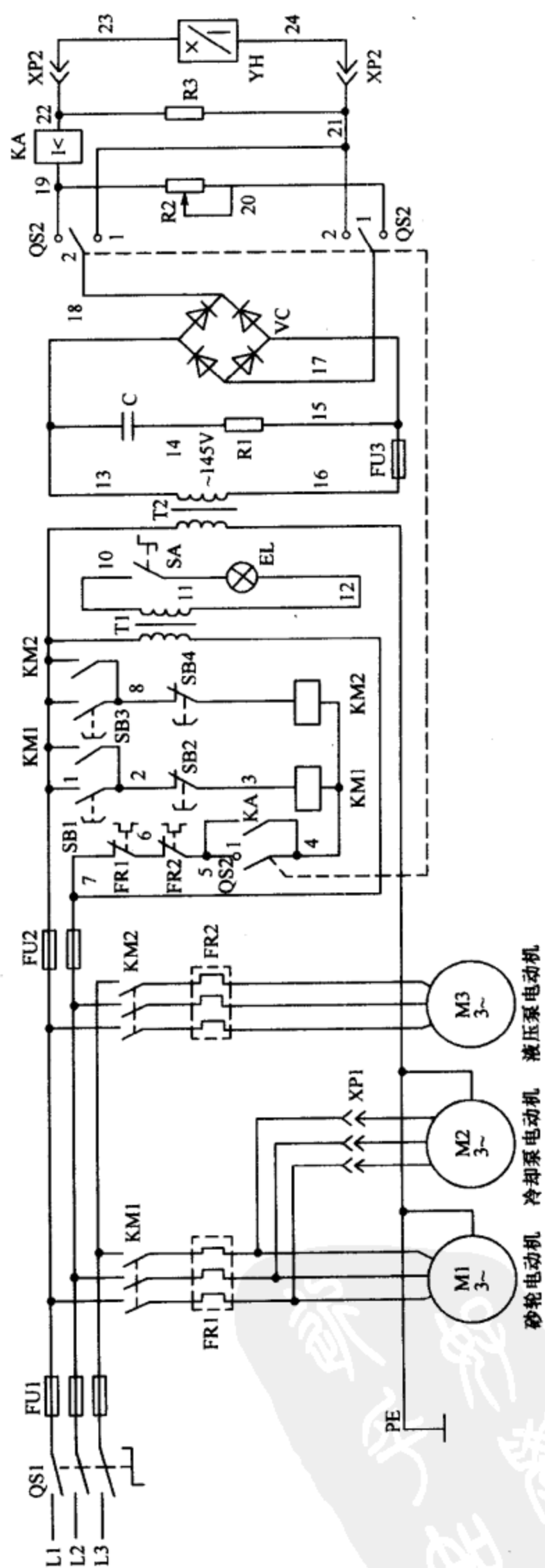


图 3-4 M7130 型卧轴矩台平面磨床控制线路

制的。合上电源开关 QS1, 220V 交流电压加在电磁吸盘电源变压器 T2 的初级绕组上, 经降压后, 在次级绕组上输出 145V 的交流电压, 经整流器 VC 整流输出约 130V 的直流电压。当加工工件过程中对电磁吸盘 YH 进行充磁时, 将转换开关 QS2 扳向图 3-4 中“2”的“充磁”位置, 电磁吸盘 YH 充磁, 此时电磁吸盘 YH 将工件牢牢吸合在工作台上, 并且通过欠电流继电器 KA 线圈的电流正常, 欠电流继电器 KA 常开触点(4-5)闭合, 各电动机起动运转, 对工件进行磨削加工。当工件加工完毕, 工件台需要退磁时, 将转换开关 QS2 转换至图 3-4 中“1”的“退磁”位置, 电磁吸盘 YH 进行退磁。当工件加工完毕, 在切断机床电源时, 由于电磁吸盘 YH 大电感的作用, 在切断电源的瞬间, 会产生较高的感应电动势, 所以并接在电磁吸盘 YH 线圈两端的电阻 R3 为其放电吸收通路, 电容器 C 和电阻 R1 为整流器的过电压吸收装置, 电阻 R2 为退磁时的限流电阻。若电磁吸盘 YH 线圈发生故障, 如线圈断路、整流器 VC 损坏等造成充磁回路中电流不足, 欠电流继电器 KA 线圈不能吸合, KA 常开触点(4-5)不能闭合, 如果此时需要强行起动机床, 则可以将转换开关 QS2 扳到“1”的“去磁”位置, 此时 QS2 将 4、5 号线接通, 使各电动机能够起动。

电路中, 变压器 T1 为机床工作照明变压器, SA 为照明开关, EL 为工作照明灯。

四、常见故障分析

1. 各电动机不能起动

首先检查欠电流继电器 KA 的触点以及转换开关 QS2 的触点是否接触不良、接线松动脱落或有油垢; 再检查热继电器 FR1、FR2 是否动作过, 以及 SB1、SB2、SB3、SB4 是否正常等。

2. 砂轮电动机的热继电器 FR1 脱扣

出现故障的原因可能有: 砂轮电动机前轴瓦磨损, 电动机发生堵转而电流增大很多; 砂轮进刀量太大, 使电动机堵转, 电流很大; 更换后的热继电器 FR1 规格不符合要求或未调整好。检修时应根据具体情况进行处理, 直到排除故障为止。

3. 冷却泵电动机不能起动

可能的原因是冷却泵电动机的插座或电动机已损坏, 应及时修复或更换。

4. 液压泵电动机不能起动

可能的原因有按钮 SB3 或 SB4 的触点接触不良或接线脱落; 接触器 KM2 的线圈损坏或接线脱落; 液压泵电动机损坏; 应根据具体情况及时修复或更换。

5. 电磁吸盘没有吸力

首先检查三相交流电源是否正常, 熔断器 FU1、FU2、FU3 是否完好, 接触是否正常, 再检查变压器 T2 及整流装置有无输出。如上述检查均未发现故障, 则进一步检查电磁吸盘线圈、KA 线圈是否断开, 以及接线是否正常等。

6. 电磁吸力不足

常见的原因有交流电源电压低, 导致直流电压相应下降, 以致吸力不足。若直流电压正常, 则可能插销 XP2 接触不良, 也可能电磁吸盘线圈内部存在短路。另外的原因是桥式整流电路的故障。如整流桥有一桥臂发生开路, 将使直流输出电压下降一半左右, 使吸力减小。

第三节 摇臂钻床的控制线路

钻床是一种孔加工的机床。可用来完成钻孔、扩孔、铰孔、镗孔、攻丝及修刮端面等多种形式的加工。钻床按用途和结构可分为立式钻床、台式钻床、多轴钻床、摇臂钻床及其他专用钻床等。在各类钻床中,摇臂钻床操作方便、灵活,运用范围广,具有典型性,特别适用于单件或批量生产中带有多孔的大型零件的孔加工,是一般机械加工车间常见的机床。立钻和台钻应用也较为广泛,但其控制电路比较简单。下面主要以 Z35 摇臂钻床为例进行分析。

摇臂钻床主要由底座、内立柱、外立柱、摇臂、主轴箱及工作台等部分组成,如图 3-5 所示。

内立柱固定在底座的一端,在它外面套有外立柱,外立柱可绕内立柱回转 360° ,摇臂的一端为套筒,它套装在外立柱上,并借助丝杠的正反转可沿外立柱做上下移动;由于该丝杠与外立柱连成一体,且升降螺母固定在摇臂上,所以摇臂不能绕外立柱转动,只能与外立柱一起绕内立柱回转。主轴箱是一个复合部件,它由主传动电动机、主轴和主轴传动机构、进给和变速机构以及机床的操作机构等部分组成。主轴箱安装在摇臂的水平导轨上,可通过手轮操作使其在水平导轨上沿摇臂移动。当进行加工时,由特殊的夹紧装置将主轴箱紧固在摇臂导轨上,外立柱紧固在内立柱上,摇臂紧固在外立柱上,然后进行钻削加工。钻削加工时,钻头一面进行旋转切削,一面进行纵向进给。

摇臂钻床的主运动为主轴旋转(产生的切削)运动,进给运动为主轴的纵向进给,辅助运动包括摇臂在外立柱上的垂直运动(摇臂的升降),摇臂与外立柱一起绕内立柱的旋转运动及主轴箱沿摇臂长度方向的运动。对于摇臂在立柱上的升降,Z35 摇臂钻床摇臂的松开与夹紧是依靠机械机构自动进行的。

Z35 摇臂钻床的电气控制线路如图 3-6 所示,主要分为主电路、控制电路和照明电路三部分。

一、主电路分析

主电路中共有四台电动机。M1 为冷却泵电动机,给加工工件提供冷却液,由转换开关 QS2 直接控制。M2 为主轴电动机,FR 作过载保护。M3 为摇臂升降电动机,可进行正反转。M4 为液压泵电动机,可使立柱放松与夹紧,也能进行正反转。电动机 M3 和 M4 都是短时运行的,所以不加过载保护。M3、M4 共用熔断器 FU2 作短路保护。因为外立柱和摇臂要绕内立柱回转,所以除了冷却泵电动机以外,其他的电源都通过汇流排 W 引入。

二、控制电路分析

电动机控制电路的电源由变压器 T 将 380V 的交流电源降为 127V 后供给;SA1 为十字开关,由十字手柄和四个微动开关组成;十字手柄共有五个位置,即上、下、左、右和中间,各个位置的工作情况见表 3-1。

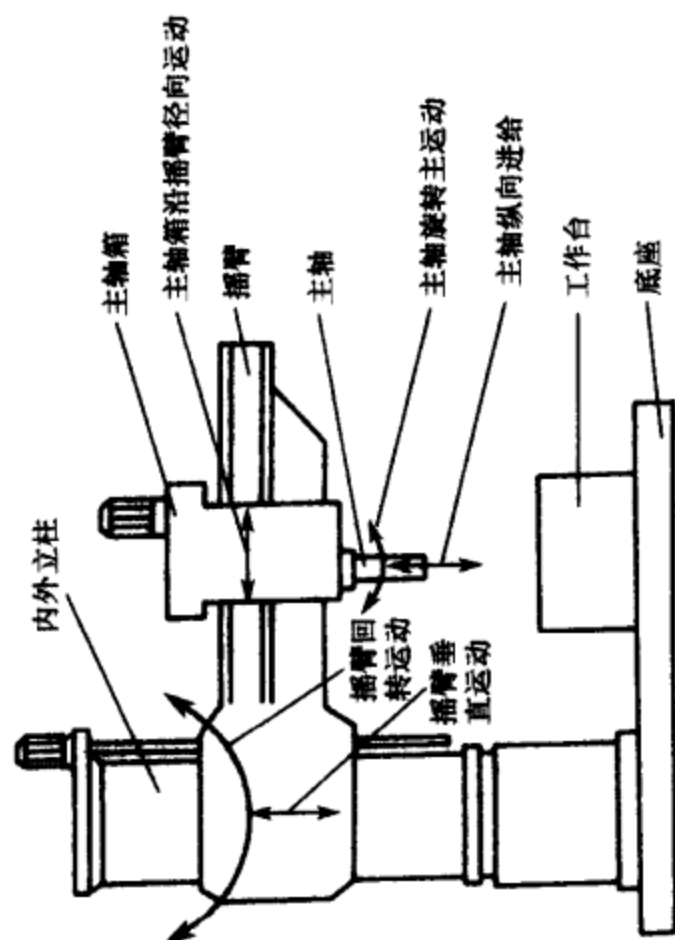


图 3-5 摇臂钻床的结构示意图

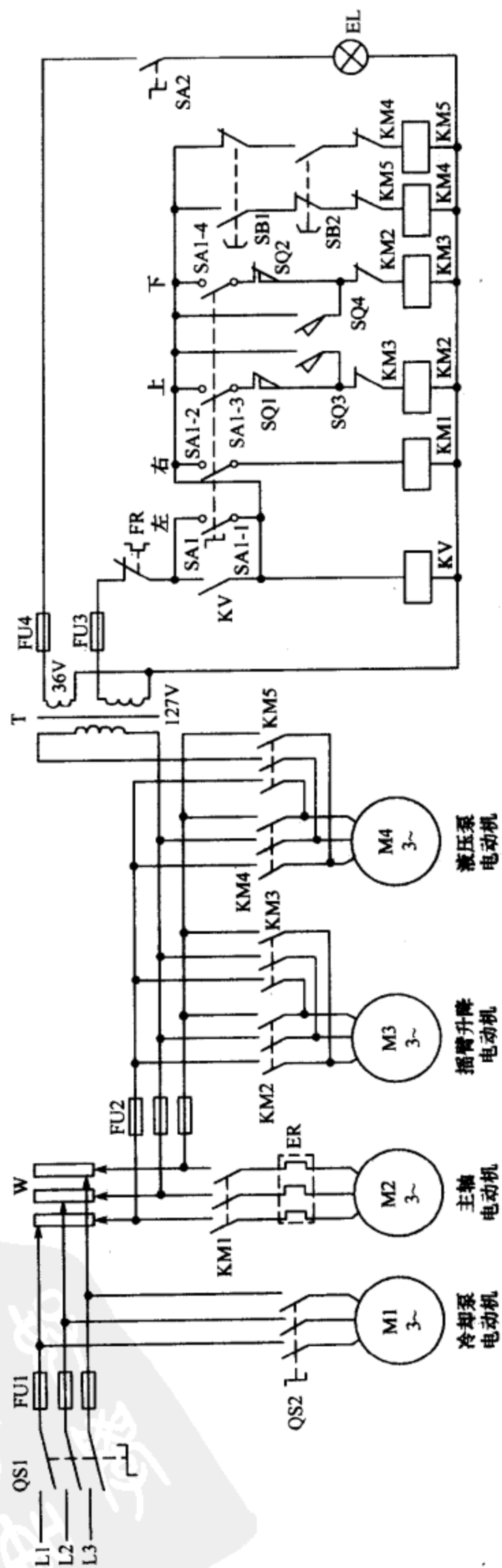


图 3-6 Z35 摇臂钻床的控制线路

表 3-1 十字开关的工作情况

手柄位置	微动开关接通情况	工作状态
中间	都不通	停止
左	SA1-1	失压保护
右	SA1-2	主轴运动
上	SA1-3	摇臂上升
下	SA1-4	摇臂下降

从十字形手柄扳动开关 SA1 的闭合规律可以看出,十字形手柄扳动开关 SA1 不论扳至何位置,都只有一个触点闭合,其他触点都处于断开状态,故每扳动 SA1 一次,只能接通一种控制状态,其他的控制不能接通,在电气连锁上形成了主轴启动时摇臂不能升降,摇臂升降时主轴不能启动的连锁关系。

1. 主轴电动机 M2 的控制

合上总电源开关 QS1 后,将十字形手柄扳动开关 SA1 扳至“左”挡位置,SA1-1 接通,其他触点断开,SA1-1 触点接通失压保护继电器 KV 线圈的电源,KV 的常开触点闭合,为各控制电路的启动接通做好了准备。

将十字形扳动开关 SA1 扳至“右”挡位置,SA1-2 闭合,其他触点断开,接触器 KM1 得电闭合,其主触点接通主轴电动机 M2 的电源,主轴电动机 M2 正向转动。主轴电动机 M2 在钻孔时一般不要求反转,但在攻丝退出时需要反转,这时可扳动主轴箱上的摩擦离合器手柄于反转位置,主轴电动机 M2 即可反转。当需要主轴电动机 M2 停止时,只需将十字形手柄扳动开关 SA1 扳至“中间”挡位置,SA1-2 断开,切断接触器 KM1 线圈回路电源,KM1 失电断开,主轴电动机 M2 停转。

2. 摇臂上升、下降控制

摇臂的上升、下降由摇臂升降电动机 M3 通过正、反转控制实现,用以调整钻头与工件的位置距离。当需要摇臂上升时,在失压继电器 KV 闭合后,将 SA1 扳至“上”挡位置,SA1-3 触点闭合,其他触点断开。SA1-3 接通了接触器 KM2 线圈回路的电源,KM2 闭合,其主触点接通摇臂升降电动机 M3 的正转电源,而 KM2 的辅助常闭触点断开接触器 KM3 线圈回路,实现正、反转接触器连锁,摇臂升降电动机 M3 正转启动。因机械结构方面的关系,在摇臂升降电动机 M3 开始运转时,摇臂暂时不上升,而是使夹紧机构装置松开。与此同时,夹紧机构装置松开的过程中又由机械装置压下行程开关 SQ4,使行程开关 SQ4 闭合,为摇臂夹紧做准备。当摇臂夹紧装置放松后,又通过机械的啮合,摇臂开始上升,当上升到需要高度时,将十字形手柄扳动开关 SA1 扳向“中间”位置,接触器 KM2 线圈失电,摇臂升降电动机 M3 正转停止。同时,接触器 KM2 常闭触点复位闭合,行程开关 SQ4 此时为压下闭合状态,故使得接触器 KM3 线圈得电闭合,其主触点接通摇臂升降电动机 M3 的反转电源,M3 反转,带动机械装置对摇臂进行夹紧。当摇臂被夹紧后,SQ4 复位断开,接触器 KM3 失电,摇臂升降电动机 M3 停转。摇臂上升过程结束。

摇臂的下降控制过程同摇臂的上升过程基本一样,只不过是十字形手柄扳动开关 SA1 扳至“下”挡位置,接触器 KM2 换成 KM3,KM3 换成 KM2,行程开关 SQ4 换成 SQ3。其具体过程不再分析。

行程开关 SQ1 为摇臂上升的限位开关。当摇臂上升到极限位置时,撞击行程开关 SQ1, SQ1 常闭触点断开,切断了接触器 KM2 线圈回路电源, KM2 失电,使得摇臂升降电动机 M3 停转。同理,行程开关 SQ2 为摇臂下降的下极限限位开关,使得摇臂下降到该位置时停止。

3. 立柱的放松与夹紧控制

机床在正常工作时,立柱与外筒处于夹紧状态,在加工过程中,需要调整钻孔位置,需要摇臂作横向转动,必须先放松立柱,然后移动摇臂再将立柱夹紧。

立柱的放松和夹紧是通过接触器 KM4、KM5 控制液压泵电动机 M4 的正转及反转和通过液压系统驱动机械装置对立柱放松及夹紧的。具体控制如下:按下立柱放松按钮 SB1,接触器 KM4 得电闭合,液压泵电动机 M4 正转,带动液压泵供给机床正向液压油,正向液压油通过液压阀进入机械放松夹紧驱动油缸,使机械装置动作,对立柱进行放松。松开 SB1,液压泵电动机 M4 正转停止,立柱放松完成。调整摇臂位置后,按下立柱夹紧按钮 SB2,接触器 KM5 得电,液压泵电动机 M4 起动反转,带动液压泵供给机床反向压力油,反向压力油通过液压阀进入油缸,驱动机械装置对立柱进行夹紧。松开 SB2,液压泵电动机 M4 反转停止,立柱夹紧完成。

4. 冷却泵电动机 M1 的控制

冷却泵电动机 M1 是由转换开关 QS2 进行控制的。当机床在钻孔过程中,需要冷却液进行冷却时,只需将转换开关 QS2 扳至合上位置,冷却泵电动机 M1 即可起动运转。将转换开关 QS2 扳至断开位置时,冷却泵电动机 M1 停转。

三、常见故障分析

1. 主轴电动机不能起动

主要原因是十字开关的触点 SA1-2 损坏或接触不良;接触器 KM1 的主触点接触不良或接线脱落;失压继电器 KV 的触点接触不良或接线脱落;熔断器 FU1 的熔断丝烧断等。

2. 摇臂上升时不能在需要的高度上停止

摇臂上升至要求高度时,将十字形手柄扳动开关 SA1 扳至“中间”挡位置,摇臂上升不能停止,这说明控制摇臂升降电动机 M3 正转电源的接触器 KM2 的主触点没有断开。其原因有两个方面。一是接触器 KM2 主触点由于机械卡住,断电后弹簧不能使接触器 KM2 复位,或是 KM2 触点由于通过的电流太大及短路而熔焊,使动触点和静触点粘合在一起不能断开,故接触器 KM2 主触点不能断开摇臂升降电动机 M3 的电源,以致当摇臂上升到要求高度时,将十字形手柄扳动开关扳至“中间”挡,摇臂上升不能停止。二是行程开关 SQ3 的位置和行程开关 SQ4 的安装位置不正确。在摇臂升降电动机 M3 起动正转时,摇臂升降电动机 M3 首先要带动机械装置将摇臂放松,在放松的过程中要将行程开关 SQ4 压下。由于行程开关 SQ3 和 SQ4 位置安装不当,却反而将行程开关 SQ3 压下,故当十字形扳动开关扳至“中间”位置时,接触器 KM2 线圈并不失电,所以摇臂一直上升,不能停止。

当遇到摇臂上升不能停止时,应及时切断机床电源,如不及时切断机床电源,那么摇臂将断续上升,上升至上限位行程开关 SQ1 处时,虽然将行程开关 SQ1 常闭触点压开,

但由于行程开关 SQ3 被机械装置压合,接触器 KM2 线圈不能断电,摇臂还会继续上升,这样将造成重大的设备事故。所以,不论摇臂在上升或下降过程中若不能停止,应立即切断机床电源,查明故障原因并进行处理,才能重新启动机床。

3. 立柱松紧电动机不能起动

发生故障的原因可能有:按钮 SB1、SB2 的触点接触不良或接线脱落;接触器 KM4、KM5 的主触点接触不良或接线脱落;熔断器 FU2 的熔断丝烧断等。

第四节 万能铣床的控制线路

铣床可以用来加工平面、斜面和沟槽等;装上分度头,又可以铣切齿轮和螺旋面;装上圆工作台还可以铣切凸轮和弧形槽等。

铣床的种类很多,有卧铣、立铣、龙门铣、仿形铣和各种专用铣床等。其中以卧式和立式万能铣床应用最为广泛。铣床运动方式分为主体运动及辅助运动。对卧式和立式铣床来说,装在主轴上的旋转铣刀称为主运动,工作台及工件的移动称为进给运动。主运动和进给运动称为主体运动。工作台载着工件快速前进与返回,以及工作台的旋转等称为辅助运动。

铣床进行铣切加工时,根据铣切直径、工件材料和加工精度的不同,要求主轴的转速也不同。主轴电动机一般采用鼠笼异步电动机,电动机本身不调速,而主轴变速是通过变换齿轮传动比来实现的,而且铣床加工方式有顺铣和逆铣两种,所以要求主轴应能正反转。又因主轴运动惯性较大,为了缩短停车时间,主轴电动机应有制动装置。

铣床的工作台可以在纵向、横向或垂直三个方向移动,因此要求进给电动机应能正反转。从安全角度考虑,在同一时间只允许一个方向运动,为此采用方向选择手柄来选择运动方向。为使变速过程中齿轮能顺利啮合,要求主轴电动机和进给电动机具有点动控制,进行变速时电动机稍微转动一下,称为变速冲动。为使铣床安全可靠地工作,铣床开动时应先起动主轴电动机,再起进给电动机;停车时先停进给电动机,而后停主轴电动机,或两台电动机同时停止。因此,在控制电路中应有连锁控制。

下面主要以 X62W 卧式万能铣床为例进行分析。图 3-7 为 X62W 万能卧式铣床结构示意图。主要由底座、床身、主轴电动机、升降台、溜板、转动部分、工作台、悬梁及刀杆支架等部分组成。箱形床身固定在底座上,在床身内装有主轴传动机构及主轴变速操作机构。顶部有水平导轨,导轨上带有一个或两个刀杆支架的悬梁。刀杆支架用来支承安装铣刀心轴的一端,而心轴的另一端则固定在主轴上。在床身的前方有垂直导轨,一端悬持的升降台可沿轨道上下移动。在升降台上部的水平导轨上,装有可平行于主轴轴线方向移动(横向移动)的溜板。工作台可沿溜板上部转动部分的导轨在垂直于主轴轴线的方向移动(纵向移动)。这样,安装在工作台上的工件,可以在三个方向调整位置或完成进给运动。此外,由于转动部分对溜板可绕垂直轴线转动一个角度(通常为 $\pm 45^\circ$),这样,工作台于水平面上除能平行或垂直于主轴轴线方向进给外,还能在倾斜向上进给,从而完成铣螺旋槽的加工。

铣床的主运动为主轴的旋转运动,主轴通过主轴变速箱可获得 18 种转速,调整范围为 50。进给运动为工作台在三个相互垂直方向上的直线运动(手动或机动);三个方向的

进给运动经进给变速箱后可获得 18 种不同转速,分别经过不同的传动路线传递给相应的丝杠后实现。为了使变速前后主轴传动机构、进给运动传动机构的齿与齿之间顺利啮合,要求主轴电动机、进给电动机在变速时能够点动。这种变速时电动机稍微转动一下,称为变速冲动。辅助运动为工作台在三个相互垂直方向上的快速直线移动。

图 3-8 为 X62W 型万能卧式铣床的电气控制原理图,分为主电路、控制电路和照明电路三部分。

一、主电路分析

主电路有三台异步电动机:M1 为主轴电动机,拖动主轴上的铣刀旋转进行铣切加工,M2 为工作台进给电动机,M3 为切削液泵电动机。

主轴电动机 M1 的起动与运转由接触器 KM1 主触点控制,主轴电动机 M1 的正反转在起动前由选择开关 SA4 预先选定。停车时的制动是通过制动接触器 KM2 的主触点,并串入不对称的制动电阻 R 进行的,并采用速度继电器 KS 来控制。

工作台进给电动机 M2 由接触器 KM3 和 KM4 来实现正反转控制,工作台的快速移动是由电动机 M2 通过牵引电磁铁 YA 的作用,将进给传动机构转换为快速传动机构来实现,牵引电磁铁 YA 由接触器 KM5 主触点控制其通电与断电。

切削液泵电动机 M3 的起动与停止由接触器 KM6 主触点控制。

热继电器 FR1、FR2、FR3 分别用于电动机 M1、M2、M3 的过载保护。

二、控制电路分析

控制电路电源由控制变压器 T1 供给。热继电器 FR1、FR3 的动断触点串接在控制电路中,如果电动机 M1 或 M3 过载,控制电路的电源就被切断。熔断器 FU3 为控制电路的短路保护。

1. 主轴电动机的控制

为了操作方便,主轴电动机 M1 采用两处任意控制:一处在工作台前面,另一处在床身侧面。起动前先将开关 SA4 转到所选的旋转方向上,然后按下起动按钮 SB3 或 SB4,这时接触器 KM1 线圈通电吸合并自锁,电动机 M1 起动并运转。当电动机 M1 的转速达 100r/min 以上时,速度继电器 KS1、KS2 动合触点闭合,这就为停车反接制动做好准备。

主轴电动机 M1 的停车与制动控制是通过反接制动控制回路来进行的,而反接制动控制回路是由反接制动接触器 KM2 线圈与复合按钮 SB1、SB2 的常开触点,速度继电器 KS 的动合触点等组成。当按下停止按钮 SB1 或 SB2 时,接触器 KM1 断电释放,电动机 M1 脱离电源,而 KM1 的动断触点闭合,使得制动接触器 KM2 通电吸合,电动机 M1 串入不对称电阻开始反接制动。因为反接制动控制回路没有设置自锁触点,停止按钮 SB1 或 SB2 如果马上松开,制动接触器 KM2 就断电释放,反接制动过程立即结束,电动机 M1 就断电转入自由停车。因此当停止按钮 SB1 或 SB2 按到底后,不能马上松开,应等到电动机转速下降到 100r/min 以下时,速度继电器 KS1、KS2 动合触点断开,方可松开停止按钮,以保证整个停车过程都进行反接制动。

主轴变速时的冲动控制是利用变速手柄与冲动行程开关 SQ7 通过机械上的联动机构进行控制的。变速时,操纵与 SQ7 联动的变速手柄,使 SQ7 的动断触点 SQ7-2 先断

开,接触器 KM1 断电释放。而后 SQ7 的动合触点 SQ7-1 闭合,使接触器 KM2 通电吸合,此时电动机 M1 处于反接制动,在反接制动过程中完成变速后的齿轮啮合。变速完成后立即将手柄推回到原来位置,使 SQ7 复位。接触器 KM2 线圈断电而释放,电动机 M1 停转。

2. 工作台进给电动机的控制

只有起动主轴电动机 M1 之后,即接触器 KM1 吸合后,进给控制电路才接通电源,才可以起动进给电动机 M2。

1) 工作台纵向进给运动的控制

先把圆工作台的转换开关 SA1 扳向“断开”位置,这时 SA1-1 闭合,SA1-2 断开,SA1-3 闭合。纵向进给操纵手柄有两个,一个装于工作台底座顶面的正中间,另一个装于工作台底座的左下方,它们之间有机连接,故只须操纵其中一个即可。手柄有“向左”、“向右”和“中间”三个位置。扳动手柄同时合上纵向进给离合器,并压下行程开关 SQ2 或 SQ1,实现工作台的左、右移动。

当手柄扳到“向左”位置时,压下行程开关 SQ2,其动合触点 SQ2-1 闭合,动断触点 SQ2-2 断开。动合触点 SQ2-1 闭合使接触器 KM4 线圈通电吸合,进给电动机 M2 反向转动,拖动工作台向左移动。

当手柄扳到“向右”位置时,压下行程开关 SQ1,其动合触点 SQ1-1 闭合,动断触点 SQ1-2 断开。动合触点 SQ1-1 闭合使接触器 KM3 线圈通电吸合,进给电动机 M2 正向转动,拖动工作台向右移动。

当手柄扳到“中间”位置时,行程开关 SQ1、SQ2 都复位,它们的动合触点断开,接触器 KM3 和 KM4 的线圈断电释放,进给电动机 M2 停转,工作台停止移动。

在工作台的两端各有一块挡铁,当工作台移动到挡铁碰动纵向进给手柄时,会使手柄回到“中间”位置,实现工作台自动停止移动,这就是终端限位保护。调整挡铁的位置,可以改变工作台自动停止移动的终端位置。

2) 工作台横向和升降进给运动的控制

先把圆工作台的转换开关 SA1 扳向“断开”位置,这时 SA1-1、SA1-3 闭合,SA1-2 断开。横向进给和升降进给操作手柄为十字手柄。它也有两个,分别装于工作台左侧的前、后方,它们之间也有机械连接,故只操纵其中一个即可。手柄有“向上”、“向下”、“向前”、“向后”和“中间”共五个位置。扳动十字手柄时会自动压下相应的行程开关,以实现工作台向上、向下、向前或向后的移动。

将十字手柄扳到“向下”或“向前”位置时,压下行程开关 SQ3,其动合触点 SQ3-1 闭合,动断触点 SQ3-2 断开。触点 SQ3-1 闭合使接触器 KM3 线圈通电吸合,进给电动机 M2 正向转动,拖动工作台向下或向前移动。

将十字手柄扳到“向上”或“向后”位置时,压下行程开关 SQ4,其动合触点 SQ4-1 闭合,动断触点 SQ4-2 断开。触点 SQ4-1 闭合使接触器 KM4 线圈通电吸合,进给电动机 M3 反向转动,拖动工作台向上或向后移动。

当手柄回到“中间”位置时,行程开关都复位,它们的动合触点断开,接触器 KM3 和 KM4 线圈断电释放,进给电动机 M2 停转,工作台停止移动。工作台上下移动和前后移动均有限位保护。

3)工作台的快速移动

工作台的快速移动也是由进给电动机 M2 来拖动的,在上下、前后和左右六个方向都可以实现快速移动,它是工作台处于工作进给(慢速进给)状态时,按下快速移动按钮 SB5 或 SB6 来实现的。

按下快速移动按钮 SB5 或 SB6 时,接触器 KM5 线圈通电吸合,其主触点闭合,使牵引电磁铁 YA 线圈通电吸合,通过杠杆使摩擦离合器合上,减少了中间传动装置,使工作台按原操作手柄指定的方向快速移动。松开快速移动按钮 SB5 或 SB6 时,接触器 KM5 线圈断电释放,电磁铁 YA 线圈断电,快速移动立即停止,工作台仍按原进给速度和方向移动。快速移动为点动控制。

如果在铣刀不转动的情况下要求工作台快速移动,可将转换开关 SA4 放置在停止位置上。按照起动主轴电动机来操作,虽然接触器 KM1 通电吸合,但主轴电动机并没有起动旋转,而由于 KM1 动合触点的闭合,使控制电路接通了电源,再按下按钮 SB5 或 SB6,工作台就能快速移动。

4)工作台各运动方向的连锁

工作台各个运动方向的连锁,是通过机械和电气方法来实现的。由于工作台的左右移动是由一个纵向进给操作手柄来控制,同一时间内不会同时又向左又向右,所以说手柄起到了左右移动机械连锁作用;工作台的上下前后移动是由一个十字手柄控制,同样在同一时间只能选取一个方向进给。所以十字手柄起到了上下、前后四个运动方向的机械连锁作用。而工作台的左右与上下、前后运动方向间的连锁,则是靠电气方法实现的,控制电路中行程开关 SQ1 的动断触点 SQ1-2 和行程开关 SQ2 的动断触点 SQ2-2 串联在一起,行程开关 SQ3 的动断触点 SQ3-2 和行程开关 SQ4 动断触点 SQ4-2 串联在一起,然后形成两条通路,以提供接触器 KM3 和 KM4 的线圈的电源通路,如果纵向进给操纵手柄和十字手柄都不在中间位置,那么 SQ1 和 SQ2、SQ3 和 SQ4 这两对行程开关中将各有一个被压下,这样上述两条通路中各有一个动断触点被断开,使接触器 KM3 和 KM4 的线圈都不能通电,从而使进给电动机 M2 不能转动,起到了连锁作用。

5)进给变速时的冲动控制

在进给变速时,为了使传动齿轮易于啮合,需要进给电动机 M2 瞬时冲动一下。冲动控制是由蘑菇头手柄操纵行程开关 SQ6 来实现的。

变速时,将蘑菇头手柄向外拉出一些,并转动该手柄,选择好进给速度,再把手柄拉到极限位置并立即推回原位,就在拉到极限位置的瞬间,其连杆机构推动行程开关 SQ6,先使动断触点 SQ6-2 断开,后使动合触点 SQ6-1 闭合,由于此时 SQ1~SQ4 的动断触点都是闭合的,故接触器 KM3 通电吸合,进给电动机 M2 正转。因手柄拉到极限位置后立即推回原位,故 SQ6-1 仅瞬间接通电路,电动机 M2 也只是瞬时动一下,从而保证齿轮易于啮合。

进给变速冲动与六个方向进给也有连锁,即进给变速冲动时不要有进给移动,两个进给操作手柄都必须在中间位置。从控制电路可以看到,当进给变速冲动时,蘑菇头手柄操纵行程开关 SQ6,其动断触点 SQ6-2 断开,动合触点 SQ6-1 闭合,此时,如果有一个进给操作手柄不处在中间位置,此时就会因四个动断触点 SQ1-2、SQ2-2、SQ3-2、SQ4-2 当中有一个触点因行程开关 SQ1~SQ4 被压下而断开,从而使接触器 KM3 线圈无法通电而吸

合,进给电动机 M2 不能转动。

6) 圆工作台回转运动的控制

圆工作台是铣床的附件。在铣削圆弧和凸轮等曲线时,可以在工作台上安装圆工作台进行铣切。圆工作台可以手动控制也可以自动控制,圆工作台的自动控制也是由进给电动机 M2 拖动来实现的。采用自动控制时,先将圆工作台转换开关 SA1 转到“接通”位置,这时触点 SA1-1 断开,SA1-2 闭合,SA1-3 断开。按下主轴起动按钮 SB3 或 SB4,接触器 KM1 吸合并自锁,主轴电动机起动运转。与此同时,KM1 的动合触点闭合,由于此时 SQ1~SQ4 的动断触点都是闭合的,接触器 KM3 也吸合,进给电动机 M2 正向转动,拖动圆工作台转动。因 KM3 吸合而 KM4 不能吸合,圆工作台只能沿一个方向转动。

圆工作台运动也和六个方向进给有连锁,即当有两个进给操作手柄放在中间位置时,才可以进行圆工作台的回转运动。从控制电路可以看到,如果某一手柄不在中间位置,行程开关 SQ1~SQ4 就有一个被压下,它对应的动断触点就要断开,就使接触器 KM3 线圈的电路断开,进给电动机 M2 不能转动。

3. 切削液泵电动机的控制

切削液泵电动机 M3 是由转换开关 SA3 来控制。转到接通位置,接触器 KM6 线圈通电吸合,其主触点闭合,电动机 M3 起动运转;转到关断位置,接触器 KM6 断电释放,电动机 M3 停转。

三、照明电路分析

照明变压器 T2 将 380V 的交流电压降 24V 的安全电压,供照明灯用。用开关 SA5 控制其通断,其中一端接地。熔断器 FU4 用于照明电路的短路保护。

四、常见故障分析

1. 主轴电动机不能起动

故障的主要原因有主轴换向开关在停止位置;控制电路熔断器 FU3 熔断丝烧断;按钮 SB1、SB2、SB3 或 SB4 的触点接触不良或接线脱落;热继电器 FR1 未能复位;主轴变速冲动行程开关 SQ7 的常闭触点不通;接触器 KM1 线圈及主触点损坏或接线脱落等。

2. 主轴不能变速冲动

故障的原因是主轴变速冲动行程开关 SQ7 位置移动、撞坏或断线。

3. 主轴不能反接制动

主要原因是按钮 SB3 或 SB4 触点损坏;速度继电器 KS 损坏;接触器 KM2 线圈及主触点损坏或接线脱落;反接制动电阻 R 损坏或接线脱落。

4. 按下停止按钮后主轴不停

故障的原因一般是接触器 KM1 的主触点熔焊,不能断开造成的。

5. 工作台不能进给

故障的原因主要有接触器 KM3、KM4 线圈及主触点损坏或接线脱落;行程开关 SQ1、SQ2、SQ3 或 SQ4 的常闭触点接触不良或接线脱落;热继电器 FR2 未能复位;进给变速冲动行程开关 SQ6 常闭触点断开;电动机 M2 已损坏;选择开关 SA1 损坏或接线脱落等。

6. 进给不能变速冲动

故障的原因一般是变速冲动开关 SQ6 位置移动、撞坏或接线脱落。

7. 工作台不能快速移动

故障的主要原因是快速移动按钮 SB5 或 SB6 的触点接触不良或接线脱落；接触器 KM5 线圈及主触点损坏或接线脱落；快速移动电磁铁 YA 损坏。

第五节 牛头刨床的控制线路

下面以 B690 型液压牛头刨床为例分析其电气控制线路,有关电路如图 3-9 所示。

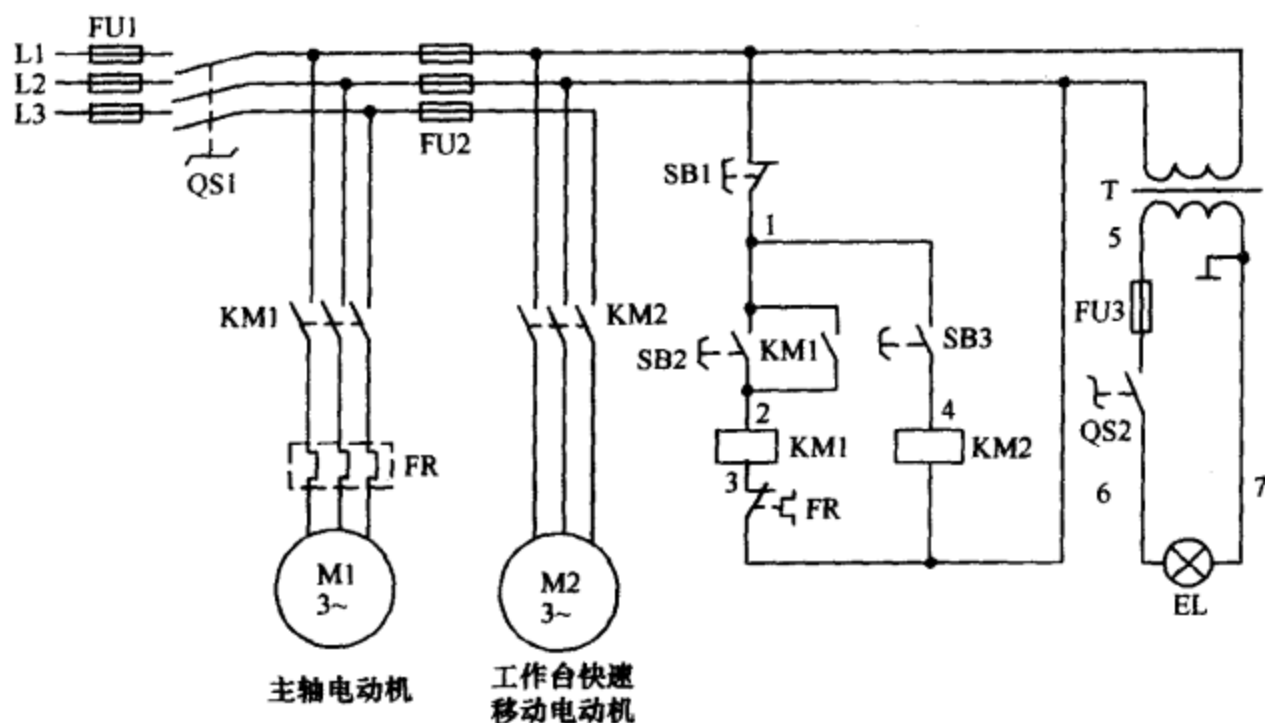


图 3-9 牛头刨床电气控制线路

一、主电路分析

该牛头刨床由两台电动机拖动。一是主轴电动机 M1,主要用于带动牛头刨刀在机械凸轮的驱动下作往复运动,对工件进行刨削加工。接触器 KM1 控制电源的通断,热继电器 FR 为过载保护,熔断器 FU1 为短路保护。二是工作台快速移动电动机 M2,主要用于带动工作台快速移动,由接触器 KM2 控制电源的通断,熔断器 FU2 为短路保护。由于工作台快速移动电动机 M2 为短时点动工作,故未设过载保护。

二、控制电路分析

1. 主轴电动机 M1 的控制

按下主轴电动机 M1 的起动按钮 SB2,接触器 KM1 得电闭合并自锁,接触器 KM1 主触点接通主轴电动机 M1 的电源,主轴电动机 M1 起动运转,带动牛头刨刀对工件进行刨削加工。按下停止按钮 SB1,接触器 KM1 失电,主轴电动机 M1 停转。

2. 工作台快速移动电动机 M2 的控制

按下工作台快速移动电动机 M2 的点动按钮 SB3,接触器 KM2 得电闭合,其主触点接通工作台快速移动电动机 M2 的电源,M2 起动运转,带动工作台快速移动。松开点动

按钮 SB3, 接触器 KM2 失电, 工作台快速移动电动机 M2 停转。

三、照明电路分析

合上电源总开关 QS1, 380V 交流电源经熔断器 FU1、FU2 加在变压器 T 初级绕组两端, 经降压后输出 36V 交流电压作为机床工作照明灯电源。FU3 为机床工作照明灯短路保护, QS2 为照明灯开关, EL 为工作照明灯。

四、常见故障分析

1. 主轴电动机 M1 不能起动

主轴电动机 M1 不能起动, 从主电路来分析, 主要原因有接触器 KM1 主触点闭合接触不良, 热继电器 FR 主通路有断点, 主轴电动机 M1 绕组有故障。从控制电路来看, 主要原因有主轴电动机 M1 起动按钮 SB2 常开触点压合接触不良, 热继电器 FR 辅助常闭触点接触不良, 接触器 KM1 线圈损坏等。

2. 机床无工作照明

造成工作照明灯不亮的原因有变压器 T 损坏, 熔断器 FU3 断路, 工作照明灯开关 QS2 损坏, 工作照明灯 EL 损坏等。

第六节 混凝土搅拌机的控制线路

混凝土搅拌机为建筑工地上常见的机械, 它主要用于水泥、河沙及碎石的搅拌。下面主要以 JZ150 型混凝土搅拌机为例进行分析, 有关电路如图 3-10 所示。

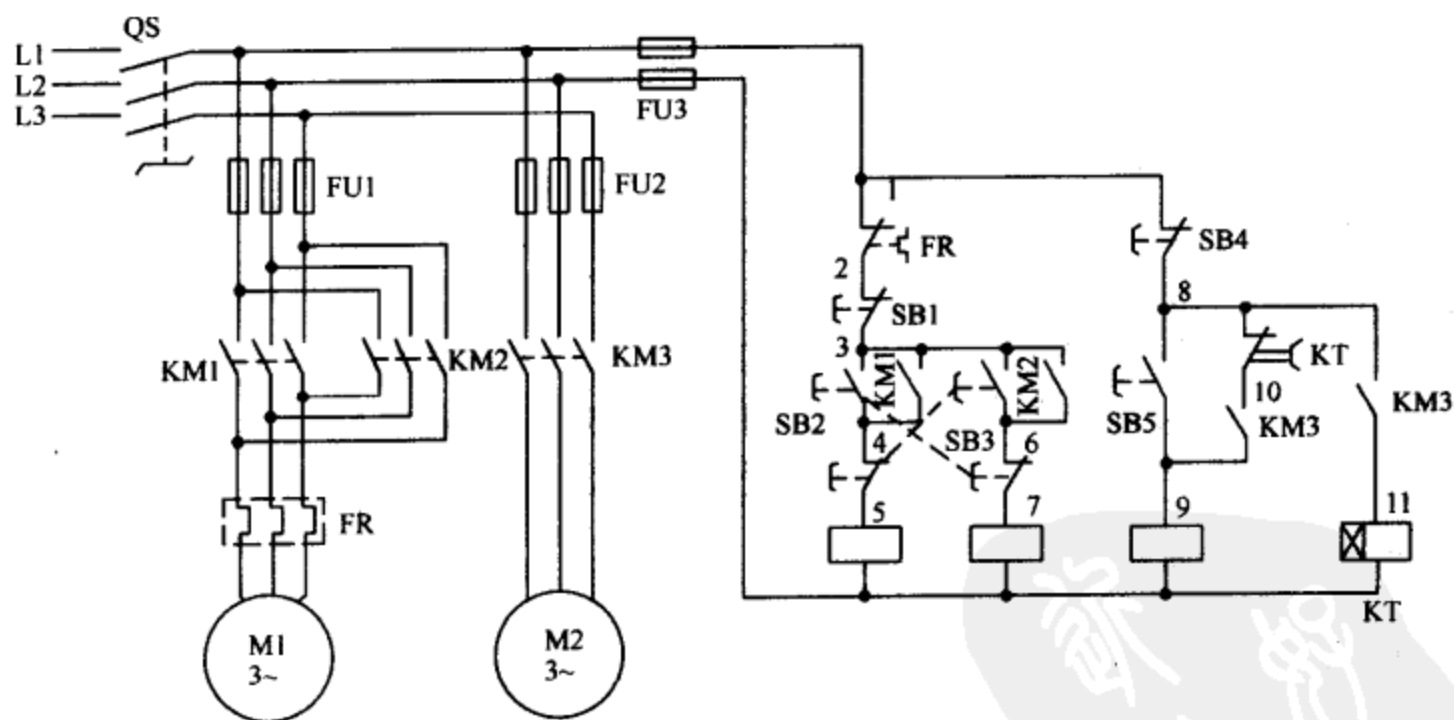


图 3-10 混凝土搅拌机的控制线路

一、主电路分析

主要电路有两台电动机。M1 为搅拌、上料拖动电动机, 可正反转, 由接触 KM1 控制正转电源的通断, 接触器 KM1 控制反转电源的通断, 熔断器 FU1 为它的短路保护, 热继

电器 FR 为它的过载保护。M2 为水泵电动机,带动水泵供给搅拌机搅拌时需要的水量。水泵电动机 M2 只要求单向运转,由接触器 KM3 控制电源的通断,熔断器 FU2 为它的过载保护。由于水泵电动机 M2 只做定时短期供水,故未设过载保护。

二、控制电路分析

1. 搅拌、上料电动机 M1 控制

按下搅拌、上料电动机 M1 的正转起动按钮 SB2,接触器 KM1 线圈得电闭合并自锁,KM1 主触点接通电动机 M1 正转电源,M1 起动正转,带动搅拌筒搅拌混凝土。按下停止按钮 SB1,接触器 KM1 断电释放,搅拌、上料电动机 M1 正转停止。同理,按下搅拌、上料电动机 M1 的反转起动按钮 SB3,接触器 KM2 得电闭合并自锁,电动机 M1 起动反转,将搅拌好的混凝土从搅拌筒中排出。按下停止按钮 SB1,电动机 M1 反转停止。

在搅拌、上料电动机 M1 的控制中,当电动机 M1 正转时,需要将混凝土排出,也可直接按下反转起动按钮 SB3,此时正转接触器 KM1 断电释放,接触器 KM2 闭合,M1 反转。同理,也可将 M1 在反转状态转换至 M1 正转状态。而上料装置的提升及下降控制则是通过机械变速离合器由机械操作手柄控制。

2. 水泵电动机 M2 的控制

按下水泵电动机 M2 的起动按钮 SB5,接触器 KM3 线圈得电闭合,KM3 主触点接通水泵电动机 M2 的电源,M2 起动运转,带动水泵向搅拌机供水。同时,接触器 KM3 常开触点闭合,使得松开起动按钮 SB5 时,保持接触器 KM3 线圈仍然通电闭合,KM3 常开触点闭合,接通了时间继电器 KT 线圈电源,时间继电器 KT 得电闭合,经过预定供水时间后,时间继电器 KT 通电延时常闭触点断开,切断了接触器 KM3 线圈电源,接触器 KM3 失电释放,水泵电动机 M2 停转,供水停止。图 3-10 中,SB4 为水泵电动机 M2 强行停止按钮,用以人工调节搅拌机的供水水量。

三、常见故障分析

1. 水泵电动机 M2 不能起动

水泵电动机 M2 不能起动的的原因主要有熔断器 FU2 断路,接触器 KM3 主触点接触不良,水泵电动机 M2 绕组损坏。水泵电动机 M2 停止按钮 SB4 常闭触点接触不良,按钮 SB5 常开触点压合接触不良,接触器 KM3 线圈损坏,时间继电器 KT 通电延时断开常闭触点接触不良,接触器 KM3 常开触点闭合接触不良等。

2. 搅拌、上料电动机 M1 不能正转

造成搅拌、上料电动机 M1 不能正转的原因主要有接触器 KM1 主触点接触不良,M1 起动按钮 SB2 常开触点接触不良,接触器 KM1 线圈损坏等。

第四章 可编程控制器基本知识

前面几章学习的是传统的工业控制系统,即继电器—接触器控制系统,其控制系统都是按预先规定好的时间或条件顺序地工作,若要改变控制的顺序,就必须改变控制器的硬件接线,十分麻烦。因此,无法满足复杂多变的现代化生产过程。自 20 世纪 60 年代末期世界上第一台可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller, PLC)问世以来,PLC 发展迅猛,特别是近年来,随着微电子技术的不断发展,PLC 在处理速度、控制功能、通信能力及控制领域等方面都有新的突破。它将传统的继电器控制技术和现代的计算机信息处理技术的优点有机结合起来,成为工业自动化领域中最重要、应用最多的控制设备,现在,可编程控制器的应用程度已成为一个国家工业水平的标志。为便于读者对可编程控制器有一个基本的了解,本章主要介绍可编程控制器的发展、特点、组成和工作原理等基本知识。

第一节 可编程控制器概述

可编程控制器(Programmable Controller)是计算机家族中的一员,是为工业控制应用而设计制造的。早期的可编程控制器称为可编程逻辑控制器,主要用来代替继电器实现逻辑控制。随着技术的发展,这种装置的功能已经大大超过了逻辑控制的范围,因此,今天这种装置称作可编程控制器,简称 PC。但是为了避免与个人计算机(Personal Computer)的简称混淆,所以将可编程控制器仍简称 PLC。

一、PLC 的发展

在 20 世纪 60 年代,汽车生产流水线的自动控制系统基本上都是由继电器控制装置构成的。当时汽车的每一次改型都直接导致继电器控制装置的重新设计和安装。随着生产的发展,汽车型号更新的周期愈来愈短,这样,继电器控制装置就需要经常地重新设计和安装,十分费时,费工,费料,甚至阻碍了更新周期的缩短。为了改变这一现状,美国通用汽车公司在 1969 年公开招标,要求用新的控制装置取代继电器控制装置,并提出了 10 项招标指标。

- (1)编程方便,现场可修改程序。
- (2)维修方便,采用模块化结构。
- (3)可靠性高于继电器控制装置。
- (4)体积小于继电器控制装置。
- (5)数据可直接送入管理计算机。
- (6)成本可与继电器控制装置竞争。

(7)输入可以是交流 115V。

(8)输出为交流 115V、2A 以上,能直接驱动电磁阀、接触器等。

(9)在扩展时,原系统只要很小变更。

(10)用户程序存储器容量至少能扩展到 4KB。

1969 年,美国数字设备公司(DEC)研制出第一台 PLC,在美国通用汽车自动装配线上试用,获得了成功。这种新型的工业控制装置以其简单易懂,操作方便,可靠性高,通用灵活,体积小,使用寿命长等一系列优点,很快地在美国其他工业领域推广应用。到 1971 年,已经成功地应用于食品、饮料、冶金、造纸等工业。

这一新型工业控制装置的出现,也受到了世界其他国家的高度重视。1971 年,日本从美国引进了这项新技术,很快研制出了日本国内第一台 PLC。1973 年,西欧诸国也研制出它们的第一台 PLC。我国从 1974 年开始研制,于 1977 年应用于工业。

虽然 PLC 问世时间不长,但是随着微处理器的出现,大规模、超大规模集成电路技术的迅速发展和数据通信技术的不断进步,PLC 也迅速发展,其发展过程大致可分以下几个阶段。

1. 早期的 PLC(20 世纪 60 年代末—20 世纪 70 年代中期)

早期的 PLC 一般称为可编程逻辑控制器。这时的 PLC 多少有点继电器控制装置的替代物的含义,其主要功能只是执行原先由继电器完成的顺序控制、定时等。它在硬件上以准计算机的形式出现,在 I/O 接口电路上作了改进以适应工业控制现场的要求。装置中的器件主要采用分立元件和中小规模集成电路,存储器采用磁芯存储器;另外还采取了一些措施,以提高其抗干扰的能力。在软件编程上,采用广大电气工程技术人員所熟悉的继电器控制线路的方式——梯形图。因此,早期的 PLC 的性能要优于继电器控制装置,其优点包括简单易懂,便于安装,体积小,能耗低,有故障指示,能重复使用等。其中 PLC 特有的编程语言——梯形图一直沿用至今。

2. 中期的 PLC(20 世纪 70 年代中期—20 世纪 80 年代中后期)

在 20 世纪 70 年代,微处理器的出现使 PLC 发生了巨大的变化。美国、日本、德国等一些厂家先后开始采用微处理器作为 PLC 的中央处理单元(CPU)。这样,PLC 的功能大大增强。在软件方面,除了保持其原有的逻辑运算、计时、计数等功能以外,还增加了算术运算、数据处理和传送、通信、自诊断等功能。在硬件方面,除了保持其原有的开关模块以外,还增加了模拟量模块、远程 I/O 模块、各种特殊功能模块。并扩大了存储器的容量,使各种逻辑线圈的数量增加,还提供了一定数量的数据寄存器,使 PLC 的应用范围得以扩大。

3. 近期的 PLC(20 世纪 80 年代中后期至今)

进入 20 世纪 80 年代中后期,由于超大规模集成电路技术的迅速发展,微处理器的市场价格大幅度下跌,使得各种类型的 PLC 所采用的微处理器的档次普遍提高。特别是 20 世纪 90 年代中期至今,为了进一步提高 PLC 的处理速度,各制造厂商还纷纷使用 16 位和 32 位的微处理器芯片,有的已使用 RISC 芯片,这样使得 PLC 软、硬件功能发生了巨大变化。

二、PLC 的未来

PLC 目前正朝两个完全不同的方向发展。

一个方向是向大型化、复杂化、高功能化、分散型、多层分布式工厂自动网络化方向发展。例如美国 GE 公司曾推出过的 GENETTWO 工厂自动化网络系统,不但具有逻辑运算、计时、计数等功能,还能够进行数值运算、模拟调节、监控、记录、显示、与计算机接口、数据传输等,可以实现中断控制、智能控制、过程控制和远程控制。这种 PLC 向上能与计算机通信,向下能直接控制机器人及伺服设备,还可以通过下级 PLC 去执行控制。从发展的眼光看,有关专家认为这种类型的 PLC 中的许多复杂功能今后将逐步为工控计算机取代。但是不同的意见认为工控计算机的能力再强,仍然需要 PLC 作为终端的控制部件。他们认为大型的 PLC 今后仍将是工业控制的主要设备。

PLC 发展的另一个方向是简易型和超小型。为了占领小型、分散、低要求的工业控制市场,各 PLC 生产厂家推出了许多简易、经济、超小型的 PLC。这种类型的 PLC 多以单机型的形式出现,较多地用于实现“机电一体化”。由于成本低,操作使用简便,目前的市场面还在不断地扩大,发展迅猛异常。

三、PLC 的定义

PLC 问世以来,尽管时间不长,但发展迅速。为了使其生产和发展标准化,国际电工委员会(IEC)在 1987 年 2 月通过了对 PLC 的定义:“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统,专为在工业环境应用而设计的。它采用一类可编程的存储器,用于其内部存储程序,执行逻辑运算,顺序控制,定时,计数与算术操作等面向用户的指令,并通过数字或模拟式输入/输出控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外部设备,都按易于与工业控制系统联成一个整体,易于扩充其功能的原則设计。”

总之,可编程控制器是一台计算机,它是专为工业环境应用而设计制造的计算机。它具有丰富的输入/输出接口,并且具有较强的驱动能力。但可编程控制器产品并不针对某一具体工业应用,在实际应用时,其硬件需根据实际需要进行选用配置,其软件需根据控制要求进行设计编制。

四、PLC 的特点

1. 可靠性高

PLC 的一个显著特点是可靠性高。PLC 组成的控制系统用软件代替了传统的继电器控制中复杂的硬件线路,因此使用 PLC 的控制系统显然故障小于不使用 PLC 的控制系统。另一方面,PLC 本身采用了抗干扰能力强的微处理器作 CPU,电源采用多级滤波并采用集成稳压块稳压,以适应电网电压的波动;输入/输出回路采用光电隔离技术;工业应用的 PLC 还采用了较多的屏蔽措施。所有这一切都使 PLC 本身的抗干扰能力得以提高,从而提高了整个系统的可靠性,使 PLC 的控制系统能在恶劣的工作环境下良好地运行。

2. 丰富的 I/O 接口模块

PLC 针对不同的工业现场信号,如交流或直流,开关量或模拟量,电压或电流,脉冲或电位,强电或弱电等,有相应的 I/O 模块与工业现场的器件或设备,如按钮、行程开关、接近开关、传感器及变送器、电磁线圈、控制阀等直接连接。另外为了提高操作性能,它还有多种人一机对话的接口模块;为了组成工业局部网络,它还有多种通信联网的接口模块等。

3. 采用模块化结构

为了适应各种工业控制需要,除了单元式的小型 PLC 以外,绝大多数 PLC 均采用模块化结构。PLC 的各个部件,包括 CPU、电源、I/O 等均采用模块化设计,由机架及电缆将各模块连接起来,系统的规模和功能可根据用户的需要自行组合,使系统构成十分灵活。PLC 的内部不需要接线和焊接,只要编程就可以使用,故安装方便。PLC 辅助触点的使用不受次数的限制,内部器件可多到使用户不感到有什么限制,只需考虑输入、输出点个数即可。

4. 编程简单,使用方便

PLC 的设计宗旨是方便使用,使计算机控制技术得到推广和普及。目前大多数的 PLC 均采用继电器控制形式的梯形图编程方式。采用这种编程方式既继承了传统控制线路的清晰直观感,又顾及了大多数电气技术人员的读图习惯。因此,这种编程方式简单易学,容易被技术人员接受在一定程度上推动了计算机控制技术的普及和应用。相比而言,通常用作计算机控制的汇编语言编出的程序短小精悍,运行快。但是,由于汇编语言指令复杂较难掌握,程序通用性和易读性较差,而且对于大多数机电设备来说,PLC 编程所增加的运行时间微不足道,所以用汇编语言编程进行控制的方法一直得不到普及和推广。

5. 安装简单,维修方便

PLC 不需要专门的机房,可以在各种工业环境下直接运行。使用时只需将现场的各种设备与 PLC 相应的 I/O 端相连接,即可投入运行。各种模块上均有运行和故障指示装置,便于用户了解运行情况和查找故障。由于采用模块化结构,因此一旦某模块发生故障,用户可以通过更换模块的方法,使系统迅速恢复运行。

6. 设计施工周期短

使用 PLC 完成一项控制工程,在系统设计完成后,现场施工和 PLC 程序设计可同时进行,设计周期短,且程序调试和修改方便。

正是由于有了上述优点,使得 PLC 受到了广泛的欢迎。

五、PLC 的分类

PLC 产品的种类很多,一般可以从它的结构形式、输入/输出点数及功能进行分类。

1. 按结构形式分类

由于 PLC 是专门为工业环境应用而设计的,为了便于现场安装和接线,其结构形式与一般计算机有很大的区别,主要有整体式和模块式两种结构形式。

(1)整体式结构 整体式结构的 PLC 是把 CPU、存储器单元、输入/输出单元、外部设备接口单元和电源单元集中装在一个机箱内,形成一个整体,称为主机。这种整体式结构的 PLC 具有输入/输出点数少、体积小、价格低等特点。一般小型 PLC 常采用这种结构,适用于单体设备的开关量自动控制和机电一体化产品的开发应用等场合。

(2)模块式结构 模块式结构的 PLC 是把中央处理单元、存储器单元、输入/输出单元等做成各自相对独立的模块,然后按需求组装在一个带有电源单元的机架或母板上。这种模块式结构的 PLC 具有输入/输出点数多、模块组合灵活的特点,一般大、中型 PLC 采用这种结构,适用于复杂过程控制系统的应用场合。

2. 按输入/输出点数和内存容量分类

为适应不同工业生产过程的应用要求,PLC 能够处理的输入/输出点数是不一样的。按输入/输出点数的多少和内存容量的大小,可分为超小型机、小型机、中型机、大型机和超大型机五种类型。

(1)超小型机 超小型 PLC 的输入/输出点数在 64 点以下,内存容量在 1 KB 以内。其输入/输出信号是开关量信号,功能以逻辑运算为主,并有定时和计数功能,结构紧凑,为整体式结构。

(2)小型机 小型 PLC 的输入/输出点数在 128 点以下,内存容量小于 4KB。以开关量输入/输出为主,控制功能简单,结构形式多为整体型。

(3)中型机 中型 PLC 的输入/输出点数在 128 点~512 点之间,内存容量小于 8 KB。既有开关量输入/输出,又有模拟量输入/输出,控制功能比较丰富,结构形式多为模块型。

(4)大型机 大型 PLC 的输入/输出点数在 512 点~1024 点,内存容量小于 16 KB。除一般类型的输入/输出信号外,还有特殊类型的输入/输出单元和智能输入/输出单元,控制功能完善,结构形式采用模块型。

(5)超大型机 超大型 PLC 的输入/输出点数在 1024 点以上,内存容量大于 16KB。除一般类型的输入/输出信号外,还有特殊类型的输入/输出单元和智能输入/输出单元,控制功能完善,可以与集散控制系统 DCS 相当,结构形式采用模块型。

3. 按功能分类

根据工业生产过程中控制系统复杂程度的要求不同,PLC 的功能各不相同,大致可设定为低档、中档、高档三个类型。

(1)低档机 低档 PLC 以逻辑量控制为主,适用于开关量控制、定时/计数控制、顺序控制及少量模拟量控制等场合。它具有逻辑运算、定时、计数、移位及自诊断等基本功能,还可有输入/输出扩展和与外部设备通信的功能。

(2)中档机 中档 PLC 既有开关量的控制又有模拟量的控制,适用于小型连续生产过程的复杂逻辑控制和闭环调节控制场合。除具有低档机的功能外,还有较强的模拟量 I/O、算术运算、数据传送与比较、数制转换、子程序、远程 I/O 以及通信联网等功能,有些还设有中断控制、PID 回路控制等功能。

(3)高档机 高档 PLC 既有开关量的控制又有模拟量的控制,可用于更大规模的过程控制,构成分布式控制系统,形成整个工厂的自动化网络。除具有中档机的功能外,还有较强的数据处理、模拟调节、特殊功能函数运算、监视记录、打印等功能,以及更强的通信联网、中断控制、智能及过程控制等功能。

六、PLC 与其他顺序逻辑控制系统的比较

1. PLC 与继电器控制系统的比较

(1)从控制逻辑上看,继电控制器采用硬接线逻辑,即采用继电器的机械触点、线圈构成电路,利用触点的串、并联关系及延时继电器的动作实现其控制逻辑。这种控制方式存在的问题是接线复杂,系统维护不便,功能不易改变,因此灵活性和扩展性很差。此外,系统功耗也较大。而 PLC 采用软接线,软接线与硬接线相比,虽沿用继电器、触点线圈等概

念,但实际上并不存在对应的物理实体,而仅仅是 PLC 内部的一些存储单元,因此常称为“虚拟元件”或“软元件”。它们之间的连接就称为“软连接”。其特点是连线少,体积小,软继电器的触电数理论上无限制,因此灵活性、扩展性非常好。PLC 有中大规模集成电路组成,所以系统功耗也很小。

(2)从控制速度看,继电器控制逻辑依靠触点的机械动作实现控制,触点的开关动作一般为几十毫秒数量级。另外,机械触点还会出现抖动问题,故工作频率低。而 PLC 是由程序中的指令控制半导体电路来实现控制,一般一条用户指令的执行时间为微秒数量级,故速度较快。PLC 内部还有严格的同步控制,故不会出现抖动问题。

(3)从可靠性看,继电控制器使用了大量的机械触点,机械触点开闭过程中,会产生电弧(电弧是一种气体放电现象,会引起热效应),使触点产生磨损,甚至损坏,因此,寿命短,可靠性差;而 PLC 采用微电子技术,大量的开关动作由无触点的半导体电路来完成。故体积小,寿命长,可靠性高,而且 PLC 还配备自检和监督功能。

(4)从适应性和通用性看,要实现某种控制时,继电器线路是通过许多真正的硬继电器和它们之间的连线达到的,控制功能包含在固定线路之中,功能专一,系统扩充必须变更硬接线,故灵活性较差。而 PLC 采用软件编制程序来完成控制任务,编程时所用到的继电器为内部软继电器(理论上讲,其触点数量无限,使用次数任意),外部只需在端子上接入相应的输入/输出信号即可。系统在 I/O 点数及内存容量允许范围内,可自由扩充,并且可用编程器在线或离线修改程序,以适应系统控制要求的改变。因此,同一台 PLC 不改变硬件仅改变软件,就可适应各种控制,故通用性强;另外,PLC 一般都具有强制和仿真作用,故程序的设计、修改和调试都很安全方便,可大大缩短系统设计和投入运行的周期。

(5)从工作方式看,继电器控制系统是并行的,也就是说,只要接通电源,整个系统处于带电状态,该闭合的触点都同时闭合,不该闭合的继电器都因受某种条件限制而不能闭合。PLC 控制系统是串行的,各软继电器处于周期性循环扫描中,受同一条件制约的继电器的动作顺序决定于扫描顺序,同它们在梯形图中的位置有关。新一代 PLC 除具有远程通信联网功能以及易与计算机接口实现群控外,还可通过附加高性能模块对模拟量进行处理,从而实现各种复杂的控制功能。这些对于布线逻辑的继电器控制系统是无法办到的。

(6)从价格看,继电器控制逻辑使用机械开关、继电器和接触器,价格较便宜。PLC 采用大规模集成电路,价格相对较高。一般认为,在少于 10 个继电器的装置中,继电器系统比较经济;在需要 10 个以上的继电器的场合,使用 PLC 比较经济。

从上面的比较可知,PLC 在性能上比继电器控制逻辑优异,特别是可靠性高、设计施工周期短、调试修改方便,且体积小、功耗低、使用维护方便,但价格高于继电器控制。

2. PLC 与微型计算机控制系统的比较

PLC 虽然采用了计算机技术和微处理器,但它与计算机相比又具有明显的不同,主要表现在以下几方面。

(1)从应用范围看,微型计算机除用在控制领域之外,还大量用于科学计算、数据处理、计算机通信等方面;而 PLC 主要用于工业控制。

(2)从工作环境看,微型计算机对工作环境要求较高,一般要在干扰小且具有一定温度和湿度要求的室内使用;而 PLC 是专为适应工业控制的恶劣环境而设计的,适应于工程现场的环境。

(3)从编程语言看,微型计算机具有丰富的程序设计语言,其语法关系复杂,要求使用者必须具有一定水平的计算机软硬件知识;而 PLC 采用面向控制过程的逻辑语言,以继电器逻辑梯形图为表达方式,形象直观、编程操作简单,可在较短时间内掌握它的使用方法和编程技巧。

(4)从工作方式看,微型计算机一般采用等待命令方式,运算和响应速度快;PLC 采用循环扫描的工作方式,其输入/输出存在响应滞后,速度较慢。对于快速系统,PLC 的使用受扫描速度的限制。另外,PLC 一般采用模块化结构,可针对不同的对象和控制需要进行组合和扩展,比起微型计算机来有很大的灵活性和很好的性能价格比,维修更简便。

(5)从价格看,微型计算机是通用机,功能完备,故价格较高;而 PLC 是专用机,功能较少,价格相对较低。

从以上几个方面的比较可知,PLC 是一种用于工业自动化控制的专用微型计算机控制系统,结构简单,抗干扰能力强,易于学习和掌握,价格也比一般的微型计算机便宜。在同一系统中,一般 PLC 集中在功能控制方面,而微型计算机作为上位机集中在信息处理和 PLC 网络的通信管理上,两者相辅相成。

3. PLC 与单片机控制系统的比较

单片机具有结构简单、使用方便、价格便宜等优点,一般用于数字采集和工业控制。而 PLC 是专门为工业现场的自动化控制而设计的,因此,与单片机控制系统相比有以下几点不同。

(1)从使用者学习掌握的角度看,单片机的编程语言一般采用汇编语言或单片机 C 语言,这就要求设计人员具备一定的计算机硬件和软件知识,对于只熟悉机电控制的技术人员来说,需要相当一段时间的学习才能掌握。PLC 虽然本质上是一种微型计算机系统,但它提供给用户使用的是机电控制人员所熟悉的梯形图语言,使用的仍然是“继电器”一类的术语,大部分指令与继电器触点的串、并联相对应,这就使得熟悉机电控制的工程技术人员一目了然。对于使用者来说,不必去关心微型计算机的一些技术问题,只需用较短时间去熟悉 PLC 的指令系统及操作方法,就能应用到工程现场。

(2)从使用简单程度看,单片机用来实现自动控制时,一般要在输入/输出接口上做大量的工作。例如要考虑现场与单片机的连接、接口的扩展、输入输出信号的处理、接口工作方式等问题,除了要设计控制程序外,还要在单片机的外围做很多软件和硬件方面的工作,系统的调试也比较麻烦。而 PLC 的 I/O 接口已经做好,输入接口可以与输入信号直接连线,非常方便,输出接口具有一定的驱动能力。

(3)从可靠性看,用单片机做工业控制,突出的问题是抗干扰性能差。而 PLC 是专门应用于工程现场的自动控制装置,在系统硬件和软件上都采取了抗干扰措施,如光电耦合、自诊断、多个 CPU 并行操作等,故 PLC 系统的可靠性较高。

PLC 在数据采集、数据处理等方面不如单片机。总之,PLC 用于控制,稳定可靠,抗干扰能力强,使用方便,但单片机的通用性和适应性较强。

七、PLC 的应用范围

PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、采矿、石化、电力、机械制造、汽车制造、环保及娱乐等各行各业。其应用大致可分为以下几种类型。

1. 开关逻辑和顺序控制

开关逻辑和顺序控制是 PLC 最基本的应用范围,可用 PLC 取代传统继电器接触器控制,如机床电气、电机控制等,亦可取代顺序控制,如高炉上料、电梯控制等。总之,PLC 可用于单机、多机及生产线的自动化控制。

2. 数字量的智能控制

利用 PLC 能接收和输出高速脉冲的功能,再配备相应的传感器(如旋转编码器)或脉冲伺服装置(如环型分配器、功放、步进电动机),就能实现数字量的智能控制。

3. 模拟量的控制

PLC 具有 D/A(数/模)、A/D(模/数)转换及算术运算功能,可实现模拟量控制。现在大型的 PLC 都配有 PID(比例、积分、微分)子程序或 PID 模块,可实现单回路、多回路的调节控制。

4. 通信、联网及集散控制

高性能的 PLC 具有较强的通信联网功能,把 PLC 作为下位机,与上位机或同级的 PLC 进行通信,完成数据的处理和信息的交换,达到分散控制、集中管理,实现对整个生产过程的信息控制和管理。

第二节 可编程控制器的基本组成

PLC 实质是一种专用于工业控制的计算机,其硬件结构基本上与微型计算机相同,如图 4-1 所示。

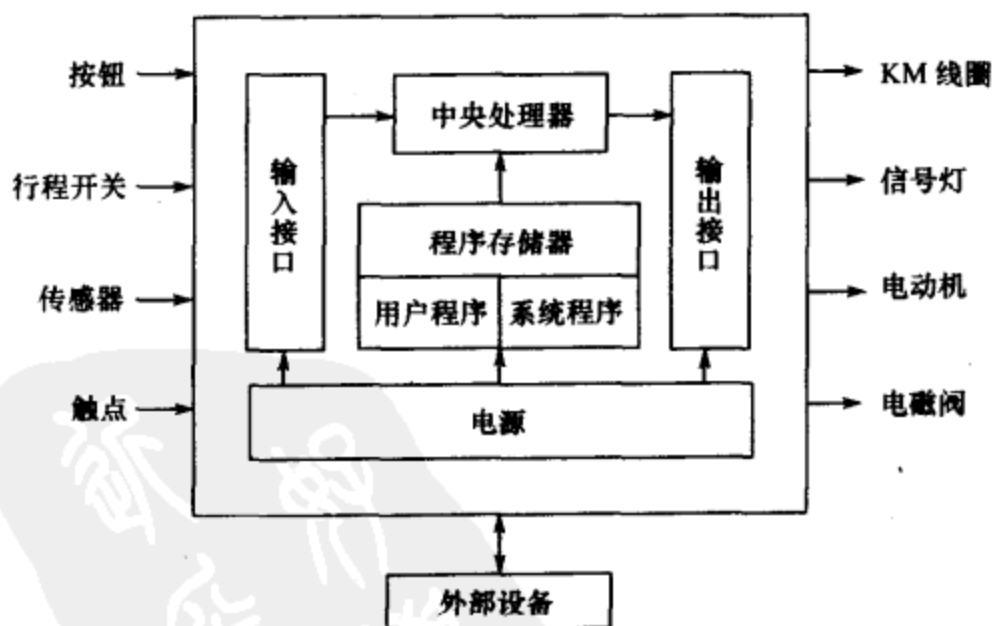


图 4-1 可编程控制器的组成

可以看出,可编程序控制器主要由中央处理器、存储器、输入/输出接口、电源及外接编程器构成。在目前较流行的模块式结构中,常在母板上按系统要求配置 CPU 单元(包

括电源)、存储单元、I/O 单元等。

一、中央处理单元

中央处理单元(CPU)是 PLC 的控制中枢。它按照 PLC 系统程序赋予的功能接收并存储从编程器键入的用户程序和数据;检查电源、存储器、I/O 以及警戒定时器的状态,并能诊断用户程序中的语法错误。当 PLC 投入运行时,首先它以扫描的方式接收现场各输入装置的状态和数据,并分别存入 I/O 映像区,然后从用户程序存储器中逐条读取用户程序,经过命令解释后按指令的规定执行逻辑或算术运算的结果送入 I/O 映像区或数据寄存器内。等所有的用户程序执行完毕之后,最后将 I/O 映像区的各输出状态或输出寄存器内的数据传送到相应的输出装置,如此循环运行,直到停止运行。

为了进一步提高 PLC 的可靠性,近年来对大型 PLC 还采用双 CPU 构成冗余系统,或采用三 CPU 的表决式系统。这样,即使某个 CPU 出现故障,整个系统仍能正常运行。

重点提示 现代微型计算机使用的 CPU 主要有以下几种。

(1)通用微处理器,如 8080、6800、Z80A、8086 等。通用微处理器的价格便宜,通用性强。

(2)单片机,如 8051 等。单片机由于集成度高、体积小、价格低和可扩充性好,很适合在小型微型计算机上使用,也广泛地用于微型计算机的智能 I/O 模块。

(3)位片式微处理器,如 AMD2900 系列等。位片式微处理器是独立于微型计算机的另一分支。它主要追求运算速度快,它以 4 位为一片。用几个位片级联,可以组成任意字长的微处理器。

二、存储器

存放系统软件的存储器称为系统程序存储器;存放应用程序的存储器称为用户程序存储器。

1. 系统程序存储器

制造可编程序控制器产品的厂家根据 CPU 部件的指令系统编写的程序为系统程序,它固化在只读存储器 ROM 和可擦除只读存储器 EPROM 中。存储在 ROM 和 EPROM 的内容,在断电情况下保持不变。

系统程序存储器存放内容包括系统工作程序(监控程序)、模块化应用功能子程序、命令解释程序、功能子程序的调用管理程序、系统诊断程序和系统参数。以上系统程序存储器中的内容都是事先存放在 ROM(EPROM)芯片中,开机后便可运行其中程序。另外,存放在系统程序存储器中的内容用户无法直接存取,它和硬件一起决定了该可编程序控制器的各项性能。

2. 用户程序存储器

使用可编程序控制器产品的用户根据机器指令编写的程序称为用户程序。一般可编程序控制器产品说明书中所列的存储器就是指用户存储器。所以不同的可编程序控制器产品,其存储容量各不相同。用户程序存储器一般采用加备用电池的读/写存储器(随机存储器)RAM、EPROM 和 EEPROM。存放在 RAM 中的内容在可编程序控制器断电时会消失,所以目前一般采用锂电池在可编程序控制器断电时保存其内容,直到用户需要修

改时为止。

用户程序存储器内容包括用户由编程器键盘输入的程序、各种暂存数据和中间结果等。

中小型可编程序控制器用户程序存储器容量一般不超过 8KB,大型可编程序控制器用户程序存储器容量可高达几百千字节。

三、输入/输出接口

输入/输出接口起着可编程序控制器与外围设备之间传送信息的作用。

1. 输入接口

可编程序控制器通过输入接口把工业设备或生产过程的状态或信息输入主机,通过用户程序的运算和操作,将结果通过输出接口输出给执行机构。一般情况下,现场的输入信号可以是按钮开关、行程开关、接触器的触点以及其他一些传感器输出的开关量或模拟量(要通过数/模变换后才能输入可编程序控制器内)。输入接口一般由光电耦合电路和微电脑输入接口电路组成。

(1)光电耦合输入接口电路 该电路的核心是光电耦合器件,应用最多的是发光二极管和光电三极管构成的光电耦合器。采用光电耦合电路与现场输入信号连接可以有效防止现场的强电干扰进入到可编程序控制器中。由于信号依靠光耦合,在电气上完全隔离,传输后的信号不会反馈到输入端,不会产生地线干扰和其他串扰。考虑到发光二极管的正向电阻较低,其阻值一般约 $100\Omega \sim 1k\Omega$,所以其输入阻抗较低,而外界干扰信号的内阻远远大于发光二极管的正向电阻,根据分压原理可知,干扰源能够分配(馈送)给可编程序控制器输入端的干扰噪声很小。发光二极管的原理告诉我们,只有在发光二极管中通过一定量的电流时才会发光,尽管干扰源能产生较大的电压,但其内阻很大,能量并不大,只能产生很弱的电流,所以干扰信号受到抑制。

(2)微电脑输入接口电路 微电脑输入接口电路是由专用集成电路芯片来完成的,在这个芯片上一般由输入数据寄存器、选通电路和中断请求电路构成。现场的输入信号通过光电耦合传送到输入数据寄存器,然后由总线传送给 CPU。

2. 输出接口

可编程序控制器的输出信号是通过输出接口传送的,这些信号控制现场的执行部件完成相应的动作。常见现场执行部件有电磁阀、接触器、继电器、信号灯、电动机等。现场输出接口电路由输出接口电路和功率驱动电路组成。

(1)输出接口电路 与微电脑输入接口电路一样,输出接口电路也采用集成的输出数据寄存器、选通电路和中断请求电路。在 CPU 的控制下,通过数据总线将要输出的信号传送到输出数据寄存器中,在功率驱动电路作用下输出。

(2)功率驱动电路 可编程序控制器输出一般有三种方式可供选用,分别采用继电器方式输出、晶闸管方式输出和晶体管方式输出,目前以继电器方式输出较多。

继电器方式输出接触电阻小,使用寿命可达 10^{10} 次,但其响应速度慢,一般为毫秒级,常用于低速大功率负载。

晶闸管方式输出负载电流比较大,耐压也可以较高,响应速度较快,一般为微秒级,常用于高速大功率负载。

晶体管方式输出响应速度快,一般为纳秒级,并且输出可调节,寿命长,常用于高速小功率负载。

四、电源

有些 PLC 中的电源,是与 CPU 模块合二为一的,有些是分开的,其主要用途是为 PLC 各模块的集成电路提供工作电源。同时,有的还为输入电路提供 24V 的工作电源。电源输入类型有交流电源(交流 220V 或 110V)和直流电源(直流 24V)。

五、底板或机架

大多数模块式 PLC 使用底板或机架,其作用是:电气上,实现各模块间的联系,使 CPU 能访问底板上的所有模块;机械上,实现各模块间的连接,使各模块构成一个整体。

六、PLC 的外部设备

外部设备是 PLC 系统不可分割的一部分,它有四大类。

1. 编程设备

编程器是 PLC 开发应用、监测运行、检查维护不可缺少的器件,有简易编程器和智能图形编程器,用于编程、对系统作一些设定、监控 PLC 及 PLC 所控制的系统的工作状况,但它不直接参与现场控制运行。编程器可以通过 RS232 外设通信接口或 RS422 接口与 CPU 连接,实现人机对话。

2. 监控设备

有数据监视器和图形监视器,直接监视数据或通过画面监视数据。

3. 存储设备

有存储卡、存储磁带、软磁盘或只读存储器,用于永久性地存储用户数据,使用户程序不丢失,如 EPROM、EEPROM 写入器等。

4. 输入/输出设备

用于接收信号或输出信号,一般有条码读入器、输入模拟量的电位器、打印机等。

七、PLC 的通信联网

PLC 具有通信联网的功能,它使 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机以及其他智能设备之间能够交换信息,形成一个统一的整体,实现分散集中控制。现在几乎所有的 PLC 新产品都有通信联网功能,它和计算机一样具有 RS232 接口,通过双绞线、同轴电缆或光缆,可以在几千米甚至几十千米的范围内交换信息。

当然,PLC 之间的通信网络是各厂家专用的,PLC 与计算机之间的通信,一些生产厂家采用工业标准总线,并向标准通信协议靠拢,这将使不同机型的 PLC 之间、PLC 与计算机之间可以方便地进行通信与联网。

了解了 PLC 的基本结构,在购买程控器时就有了一个基本配置的概念,做到既经济又合理,尽可能发挥 PLC 所提供的最佳功能。

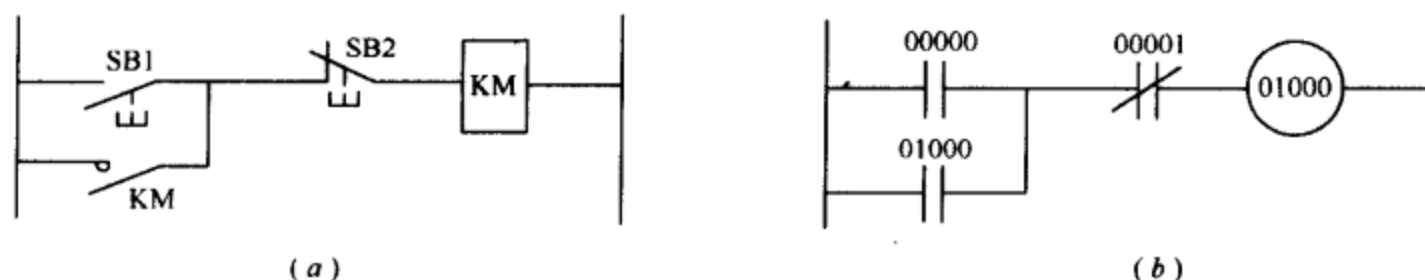


图 4-3 两种控制方式的梯形图

1) 两种继电器的区别

(1) 继电器控制电路中使用的继电器都是物理的电器, 继电器与其他控制电器间的连接必须通过硬接线来完成; PLC 的继电器不是物理的电器, 它是 PLC 内部的寄存器位, 常称之为“软继电器”。之所以称为“软继电器”, 是因为它具有与物理继电器相似的功能。例如, 当它的“线圈”通电时, 其所属的常开触点闭合, 常闭触点断开; 当它的“线圈”断电时, 其所属的常开触点和常闭触点均恢复常态。PLC 梯形图中的接线称为“软接线”, 这种“软接线”是通过编程来实现的。

(2) PLC 的每一个继电器都对应着内部的一个寄存器位, 由于可以无限次地读取某位寄存器的内容, 所以, 可以认为 PLC 的继电器有无数个常开、常闭触点可供用户使用。而物理继电器的触点个数是有限的。

(3) PLC 的输入继电器是由外部信号驱动的, 在梯形图中只能使用输入继电器的触点, 而不出现它的线圈。而物理继电器触点的状态取决于其线圈中有无电流通过, 在继电器控制电路中, 若不接继电器线圈, 只接其触点, 则触点永远不会动作。

2) 两种梯形图的区别

PLC 梯形图左右的两根线也叫母线, 但与继电器控制电路的两根母线不同。继电器控制电路的母线与电源连接, 其每一行(也称梯级)在满足一定条件时将通过两条母线形成电流通路, 从而使电器动作; 而 PLC 梯形图的母线并不接电源, 它只表示每一个梯级的起始和终止, PLC 的每一个梯级中并没有实际的电流通过。通常说 PLC 的线圈接通了, 这只不过是為了分析问题方便而假设的概念电流通路, 而且概念电流只能从左向右流, 这是 PLC 梯形图与继电器控制电路本质的区别。

3) 实现控制功能的手段不同

继电器控制是靠改变电器间的硬接线来实现各种控制功能的, 而 PLC 是通过编程来实现控制的。

图 4-4 为对应图 4-3(b) 的 PLC 外部接线。图中只画出了一部分输入和输出端子。00000 和 00001 等是输入端子, 01000 和 01001 等是输出端子, 输入和输出端子各有自己的公共端 COM。

当起动按钮 SB1 闭合时, 00000 输入端子对应的输入继电器线圈通电, 它的触点相应动作; 当停止按钮 SB2 闭合时, 00001 输入端子对应的输入继电器线圈通电, 它的触点相应动作。当 01000 输出端子对应的输出继电器线圈通电时, 外部负载 KM 的线圈通电。根据上述关系, 分析图 4-3(b) 所示起、停电动机的过程: 按下起动按钮 SB1, 00000 输入端子对应的输入继电器线圈通电, 其常开触点 00000 闭合; 由于没有按动 SB2, 所以常闭触点 00001 处于闭合状态。因此输出继电器 01000 线圈通电, 使 KM 通电。KM 的主触点

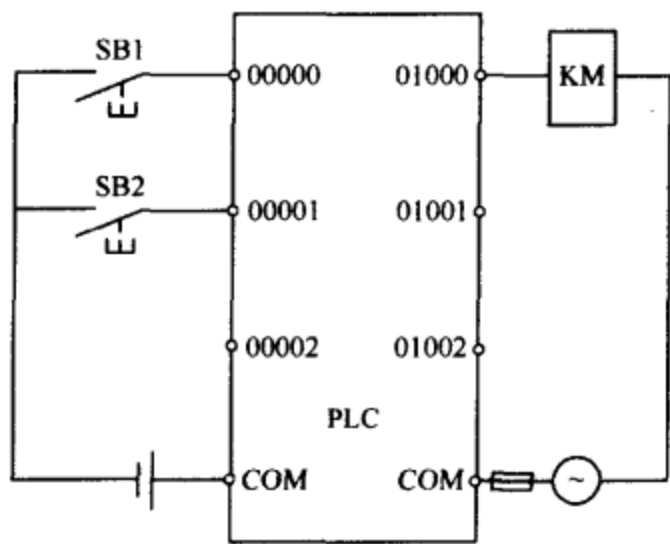


图 4-4 PLC 外部接线

接在电动机的主电路中,于是电动机启动。释放启动按钮 SB1 后,由于 01000 线圈通电,其常开触点 01000 闭合起自锁作用。在电动机运行过程中按下 SB2,00001 输入端子对应的输入继电器线圈通电,其常闭触点 00001 断开;输出继电器 01000 线圈断电,使 KM 断电,电动机停转。

为便于读者对两种梯形图有一个深刻的认识,下面再举一例。

图 4-5 为采用继电器控制的线路图。

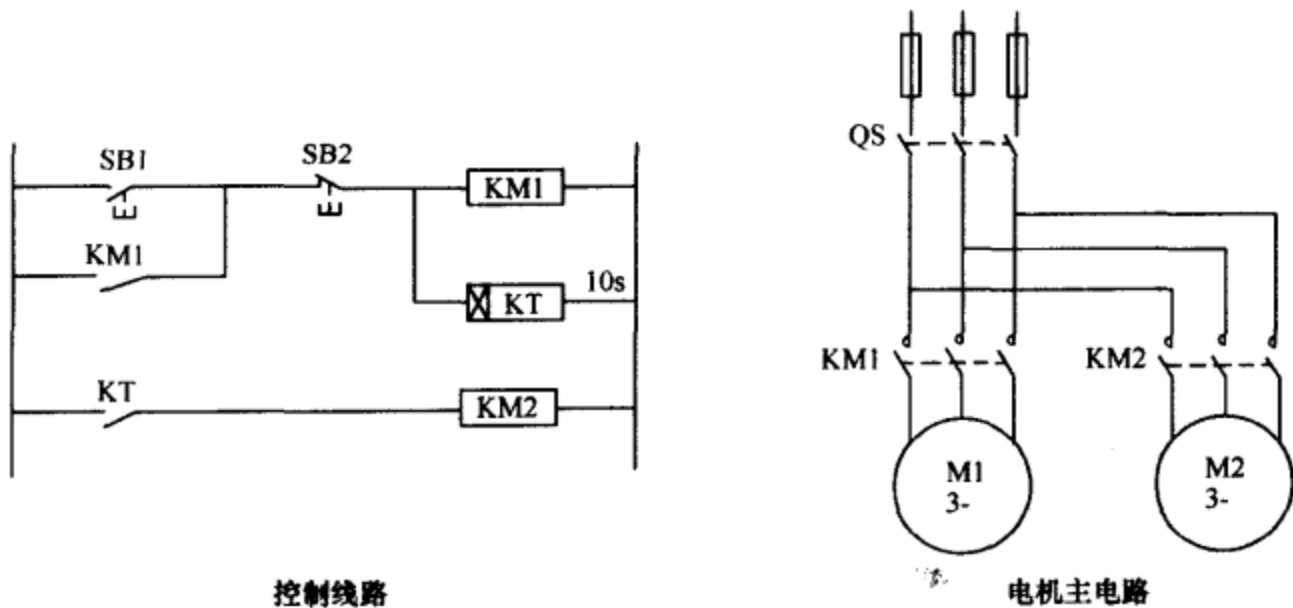


图 4-5 采用继电器控制的线路图

控制功能如下:按下启动按钮 SB1,电机 M1 开始运转,过 10s 后,电机 M2 开始运转;按下停止按钮 SB2,电机 M1、M2 同时停止运转。

如果采用 PLC 控制,控制线路如图 4-6 所示。

控制功能如下:按下启动按钮 SB1,电机 M1 开始运转,过 10s 后,电机 M2 开始运转;按下停止按钮 SB2,电机 M1、M2 同时停止运转。

PLC 的等效控制电路如图 4-7 所示。

具体控制过程是:

当按下 SB1 时,输入继电器 00000 的线圈通电,00000 的常开触点闭合,使输出继电器 01000 的线圈得电,01000 对应的硬输出触点闭合,KM1 得电 M1 开始运转,同时

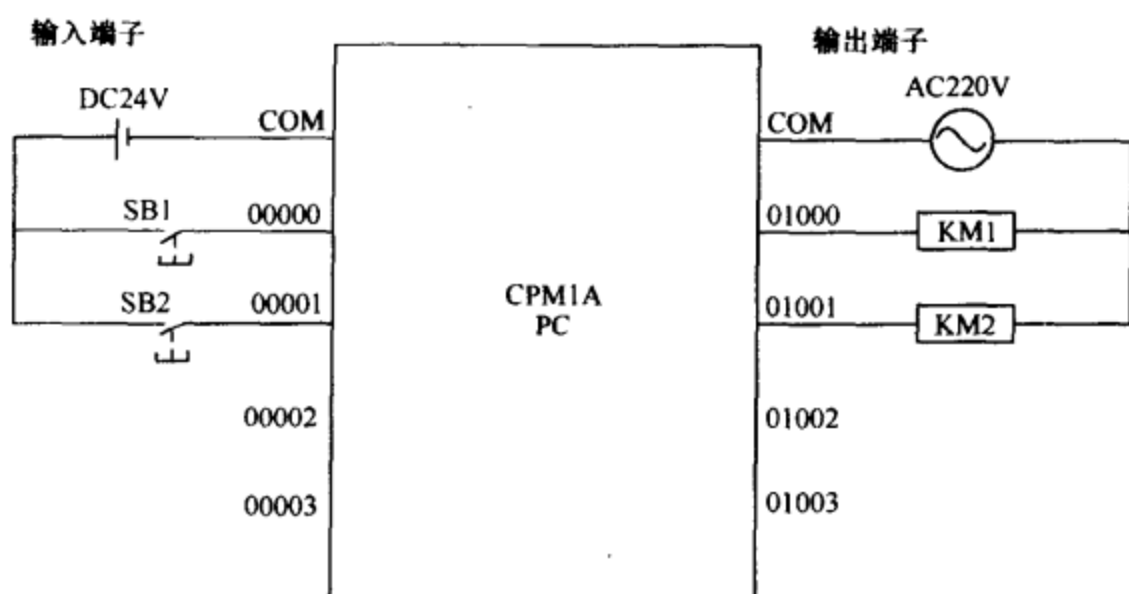


图 4-6 采用 PLC 控制线路图

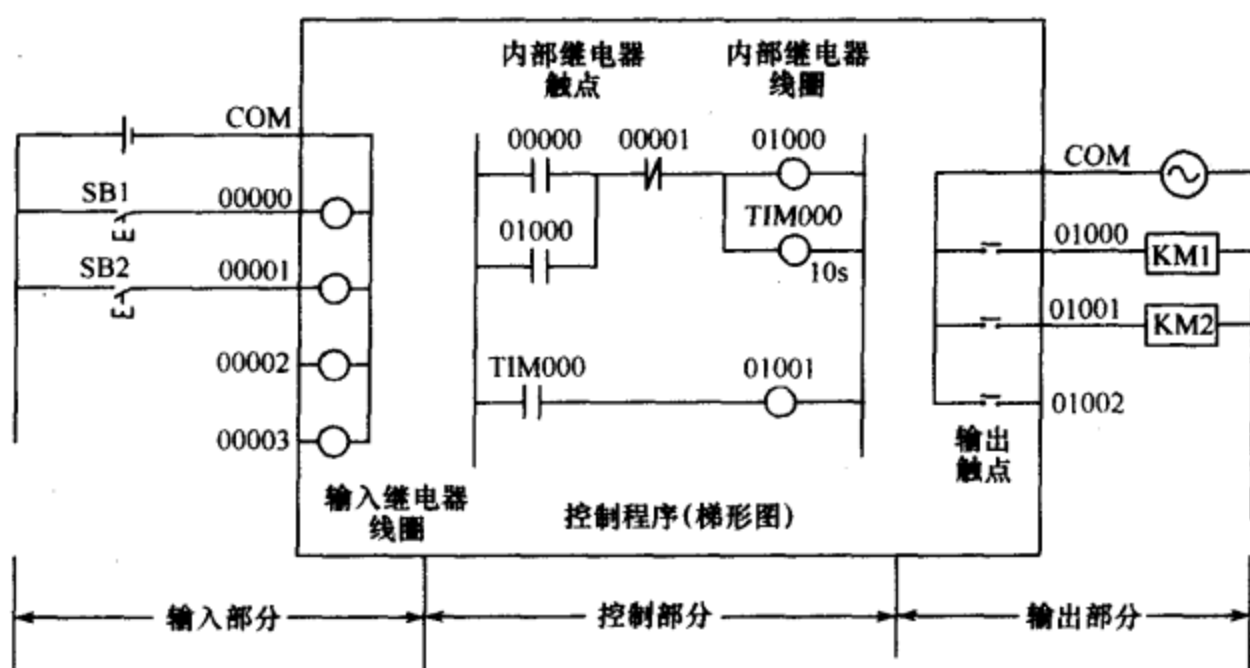


图 4-7 PLC 的等效控制电路

01000 的一个常开触点闭合并自锁。

时间继电器 TIM000 的线圈通电开始延时,10s 后 TIM000 的常开触点闭合,输出继电器 01001 的线圈得电,01001 对应的硬输出触点闭合,KM2 得电 M2 开始运转。

当按下 SB2 时,输入继电器 00001 的线圈通电,00001 的常闭触点断开,01000、TIM000 的线圈均断电,01001 的线圈也断电,01000、01001 两个硬输出触点随之断开,KM1、KM2 断电,M1、M2 停转。

重点提示

(1) 梯形图语言中,只有动合和动断两种触点。动合触点和动断触点图形符号基本相同,但它们的文字符号不相同,随不同机种、不同位置(输入或输出)而不同。因为在可编程控制器中每一触点的状态均存入可编程控制器内部的存储单元中,所以同一标记的触点可以反复使用,次数不限。

(2) 梯形图语言最左边是起始母线,每一逻辑行必须从起始母线开始画起。有些类型的产品在梯形图最右边还有结束母线,有的则省略不用。

(3) 梯形图语言必须按从左到右、从上到下顺序书写,可编程控制器是按这个顺序执

行程序的。

(4) 梯形图语言中的触点可以任意串联或并联。

(5) 梯形图语言中输出继电器可以并联,但不能串联。

(6) 程序结束应有结束符,一般用“END”表示。

2. 指令语句编程语言

梯形图编程语言优点是直观、简便,但要求带 CRT 屏幕显示的图形编程器方可输入图形符号。小型机一般无法满足,而是采用经济便携的编程器(指令编程器)将程序输入到可编程序控制器中,这种编程方法使用指令语句(助记符语言),它类似微型计算机中的汇编语言。

语句是指令语句编程语言的基本单元,每个控制功能由一个或多个语句组成的程序来执行。每条语句是规定可编程控制器中 CPU 如何动作的指令,它是由操作码和操作数组成的。操作码用助记符表示(例如,LD 表示“取”,OR 表示“或”,OUT 表示“输出”等)要执行的功能,操作数(参数)表明操作的地址(例如输入继电器,输出继电器,定时器等)或一个预先设定的值(例如定时值,计数值等)。

对同样功能的指令,不同厂家的 PLC 使用的助记符一般不同。对图 4-3(b)所示的欧姆龙 CPM1A 系列 PLC 的梯形图,其语句表为:

LD	00000	(常开触点 00000 与左母线连接)
OR	01000	(常开触点 01000 与常开触点 00000 相并联)
AND NOT	00001	(串联一个常闭触点 00001)
OUT	01000	(输出到继电器 01000)

指令语句是 PLC 用户程序的基础元素,多条语句的组合构成了语句表。一个复杂的控制功能是用较长的语句表来描述的。

语句表编程语言不如梯形图形象、直观,但是在使用简易编程器输入用户程序时,必须把梯形图程序转换成语句表才能输入。

3. 功能块图编程语言

功能块图编程语言实际上是以逻辑功能符号组成功能块表达命令的图形语言,与数字电路中逻辑图一样,它极易表现条件与结果之间的逻辑功能。

图 4-2 所示为先“或”后“与”再输出操作的功能块图编程语言图。由图可见,这种编程方法是根据信息流将各种功能块加以组合,是一种逐步发展起来的新式的编程语言,正在受到各种可编程控制器厂家的重视。

二、PLC 的性能指标

虽然各 PLC 生产厂家的产品技术性能各不相同,且各有特色,但其主要性能通常是由以下几种指标进行综合描述的。

1. 输入/输出点数(I/O 点数)

输入/输出点数是指 PLC 外部的输入、输出端子数。这是一项很重要的技术指标,因为在选用 PLC 时,要根据控制对象的 I/O 点数要求确定机型。PLC 的 I/O 点数包括主机的 I/O 点数和最大扩展点数,主机的 I/O 点数不够时可扩展 I/O 模块,但因为扩展模块内一般只有接口电路、驱动电路而没有 CPU,它通过总线电缆与主机相连,由主机的

CPU 进行寻址,故最大扩展点数受 CPU 的 I/O 寻址能力的限制。

2. 存储容量

一般以 PLC 所能存放用户程序的多少来衡量内存容量。在 PLC 中程序指令是按“步”存放的(一条指令往往不止一“步”),一“步”占一个地址单元,一个地址单元一般占两个字节(16 位的 CPU)。例如,一个内存容量为 1000 步的 PLC,可推知其内存为 2KB。

应注意到“内存容量”实际是指用户程序容量,它不包括系统程序存储器的容量。程序容量与最大 I/O 点数大体成正比。

3. 扫描速度

扫描速度一般指执行一步指令的时间,单位为微秒/步。有时也以执行 1000 步指令的时间计,其单位为毫秒/千步。

4. 指令条数

PLC 具有的指令种类越多,说明它的软件功能越强,所以指令条数的多少是衡量 PLC 软件功能强弱的主要指标。

5. 内部寄存器

PLC 内部有许多寄存器,用以存放变量状态、中间结果和数据等,还有许多辅助寄存器给用户提供特殊功能,以简化整个系统设计。因此,寄存器的配置情况是衡量 PLC 硬件功能的一个主要指标。

6. 功能模块

PLC 除了主控模块(又称为主机或主控单元)外,还可以配接各种功能模块。主控模块可实现基本控制功能,功能模块的配置则可实现一些特殊的专门功能。因此,功能模块的配置反映了 PLC 的功能强弱,是衡量 PLC 产品档次高低的一个重要标志。

目前,各生产厂家都在开发模块上下了很大的功夫,使其发展很快,种类日益增多,功能也越来越强。常用的功能模块主要有:A/D 和 D/A 转换模块、高速计数模块、位置控制模块、速度控制模块、轴定位模块、温度控制模块、远程通信模块、高级语言编辑模块以及各种物理量转换模块等。这些功能模块使 PLC 不但能进行开关量顺序控制,而且能进行模拟量的控制、定位控制和速度控制,还有了网络功能,实现 PLC 之间、PLC 与计算机的通信,可直接用高级语言编程,给用户提供了强有力的工具支持。

第四节 可编程控制器的基本工作原理

一、PLC 的工作方式

最初研制生产的 PLC 主要用于代替传统的由继电器接触器构成的控制装置,但这两者的运行方式是不相同的。

继电器控制装置采用硬逻辑并行运行的方式,即如果这个继电器的线圈通电或断电,该继电器所有的触点(包括其常开或常闭触点)在继电器控制线路的哪个位置上都会立即同时动作。PLC 的 CPU 则采用顺序逻辑扫描用户程序的运行方式,即如果一个输出线圈或逻辑线圈被接通或断开,该线圈的所有触点(包括其常开或常闭触点)不会立即动作,必须等扫描到该触点时才会动作。

重点提示 在继电器控制电路中,当某些梯级同时满足导通条件时,这些梯级中的继电器线圈会同时通电,也就是说,继电器控制电路是一种并行工作方式。PLC 是采用循环扫描的工作方式,在 PLC 执行用户程序时,CPU 对梯形图自上而下、自左向右地逐次进行扫描,程序的执行是按语句排列的先后顺序进行的。这样,PLC 梯形图中各线圈状态的变化在时间上是串行的,不会出现多个线圈同时改变状态的情况,这是 PLC 控制与继电器控制最主要的区别。

为了消除两者之间由于运行方式不同而造成的差异,考虑到继电器控制装置各类触点的动作时间一般在 100ms 以上,而 PLC 扫描用户程序的时间一般均小于 100ms,因此,PLC 采用了一种不同于一般微型计算机的运行方式——扫描技术。这样在对于 I/O 响应要求不高的场合,PLC 与继电器控制装置的处理结果上就没有什么区别了。

PLC 采用循环扫描的工作方式,即“顺序扫描,不断循环”,这种工作方式是在系统软件控制下进行的。当 PLC 运行时,CPU 根据用户按控制要求编制好并存于用户存储器中的程序,按指令序号做周期性的程序循环扫描,如果无跳转指令,则从第一条指令开始逐条顺序执行用户的程序,直到程序结束,然后重新返回第一条指令,开始下一轮的扫描,如此周而复始。实际上,PLC 扫描工作除了执行用户程序外,还要完成其他工作,整个工作过程分为自诊断、通信服务、输入处理、输出处理、用户程序执行五个阶段,如图 4-8 所示。

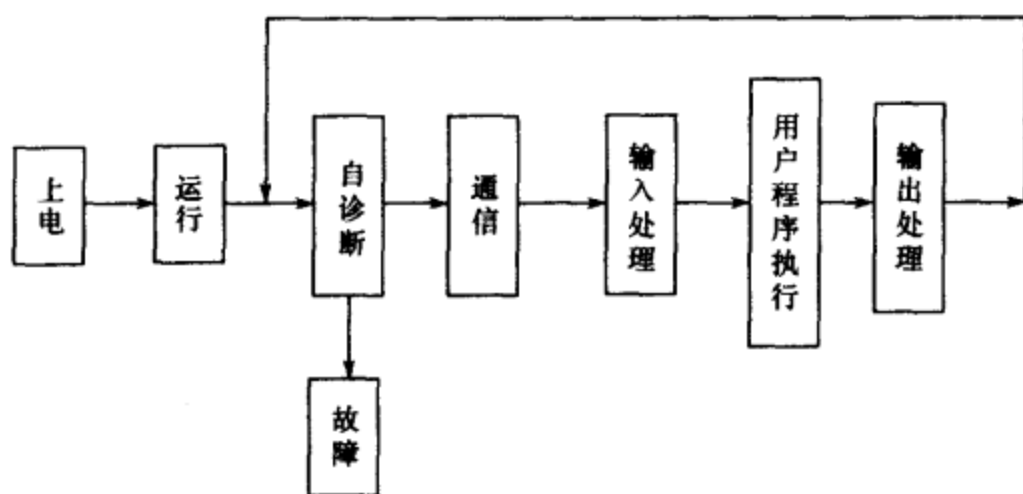


图 4-8 PLC 循环扫描周期示意图

1. 自诊断

每次扫描用户程序之前,都先执行故障自诊断程序。自诊断内容包括 I/O 部分、存储器、CPU 等,并且通过 CPU 设置定时器来监视每次扫描是否超过规定的时间,发现异常则停机显示出错。若自诊断正常,继续向下扫描。

2. 通信服务

PLC 检查是否有与编程器、计算机等的通信要求,若有则进行相应处理。

3. 输入处理(输入刷新)

PLC 在输入刷新阶段,首先以扫描方式按顺序从输入锁存器中读入所有输入、端子的状态或数据,并将其存入内存中为其专门开辟的暂存区——输入状态映像区中,这一过程称为输入采样或输入刷新,随后关闭输入端口,进入程序执行阶段。在程序执行阶段,即使输入端状态有变化,输入状态映像区中的内容也不会改变。变化了的输入信号的状态只能在下一个扫描周期的输入刷新阶段被读入。

4. 输出处理(输出刷新)

同输入状态映像区一样,PLC 内存中也有一块专门的区域,称为输出状态映像区。当程序所有指令执行完毕,输出状态映像区中所有输出继电器的状态在 CPU 的控制下被一次集中送至输出锁存器中,并通过一定输出方式输出,推动外部相应执行元件工作,这就是 PLC 的输出刷新阶段。

5. 用户程序执行

PLC 在程序执行阶段,按用户程序顺序扫描执行每条指令,从输入状态映像区中读取输入信号的状态,经过相应的运算处理后,将结果写入输出状态映像区。

通常,自诊断和通信服务合称为监视服务,输入刷新和输出刷新合称为 I/O 刷新。因此,一个扫描周期也可分为监视服务、I/O 刷新、程序执行三个阶段,且监视服务只占用扫描周期的很短时间。

可以看出,PLC 在一个扫描周期内,对输入状态的扫描只是在输入采样阶段进行,对输出赋的值也只有在输出刷新阶段才能被送出去,而在程序执行阶段输入/输出被封锁。这种方式称作集中采样、集中输出。

二、扫描周期

扫描周期即完成一次扫描(I/O 刷新、程序执行和监视服务)所需时间。由 PLC 的工作过程可知,一个完整的循环扫描周期 T 应为

$$T = (\text{读入一点时间} \times \text{输入点数}) + (\text{运算速度} \times \text{程序步数}) + (\text{输出一点时间} \times \text{输出点数}) + \text{监视服务时间}$$

扫描周期的长短主要取决于三个因素:一是 CPU 执行指令的速度;二是每条指令占用的时间;三是执行指令条数的多少,即用户程序的长短。扫描周期越长,系统的响应速度越慢。现在厂家生产的基本型 PLC 的一个扫描周期大约为 10ms,这对于一般的开关量控制系统来说是完全允许的,不但不会造成影响,反而可以增强系统的抗干扰能力。这是因为输入采样仅在输入刷新阶段进行,PLC 在一个工作周期的大部分时间里实际上是与外设隔离的。而工业现场的干扰常常是脉冲式的、短时的,由于系统响应较慢,往往要几个扫描周期才响应一次,而多次扫描后,因瞬间干扰而引起的误动作将会大大减少,从而提高了系统的抗干扰能力。但是对于控制时间要求较严格、响应速度要求较快的系统,就需要精心编制程序,必要时采取一些特殊功能,以减少因扫描周期造成的响应滞后的不良影响。

总之,采用循环扫描的工作方式,是 PLC 区别于微型计算机和其他控制设备的最大特点,在学习时应充分注意。

第五节 欧姆龙 CPM1A 小型 PLC 简介

从 20 世纪 60 年代末至今的 30 多年时间里,PLC 生产已发展成为一个产业,主要厂商集中在一些欧美国家和日本。欧美国家的 PLC 是以大型的 PLC 而闻名,而日本则以高性价比的小型机著称。

美国是 PLC 生产大国,其中 A-B 公司、通用电气(GE)公司、德州仪器(TI)公司等都

是著名的大公司。A-B 公司是美国最大的 PLC 制造商,在我国引进的大型 PLC 中,美国 A-B 公司的产品几乎占一半。

德国的西门子(SIEMENS)、AEG 及法国的 TI 公司是欧洲著名的 PLC 制造商。德国的西门子的电子产品以性能精良而久负盛名。在中、大型 PLC 产品领域与美国的 A-B 公司齐名。

日本的小型 PLC 很有特色,在小型机领域中颇具盛名。某些用欧美的中型机或大型机才能实现的控制,用日本的小型机就可以解决,所以格外受用户欢迎。日本有许多 PLC 制造商,如欧姆龙(OMRON)、三菱、松下、富士、日立、东芝等。在世界小型 PLC 市场上,日本产品约占有 70% 的份额。在中国,欧姆龙产品的销量居首位。

欧姆龙的 PLC 之所以受用户欢迎,是由于它们具有以下几个特点:指令系统功能强大,处理复杂控制的功能强;编程语言是梯形图和语句表并重,编程简单,易掌握;特殊功能模块和智能模块品种多,使用方便;PLC 的网络配置简单、实用、造价低;具有明显的价格优势及良好的售后服务系统。

欧姆龙公司生产的 PLC 产品中,大、中、小型俱全。其中,尤以小型机应用最广。小型机主要有 P 型、H 型、CPM1A 系列、CPM2A 系列以及 CPM2C、CQM1、CQM1H 等。前些年,P 型机以其高性价比的优势在我国的销量相当好,现在已被其升级产品、性价比更高的 CPM1A 系列所取代。H 型机内部配置 RS232C 通信接口,其指令系统也远高于 P 型机,但价格较 P 型机高。CPM2C、CQM1 都是模块式结构。CQM1 机内配置 RS232C 通信接口,有 6 种 CPU 模块,各具不同功能可供选择,而且各种 I/O 单元自由组合,它们都是高功能的小型机。CQM1H 是 CQM1 的升级产品。

下面主要以应用较为广泛的欧姆龙 CPM1A 小型机为例进行介绍。

一、CPM1A 系列 PLC 的特点和规格

1. CPM1A 系列 PLC 的特点

CPM1A 系列 PLC 具有以下特点。

(1) CPM1A 系列 PLC 是一种先进的、小型化的可编程序控制器,其大小仅相当于一个 PC 卡(对于 10 点的机型来说),从而使安装体积大幅度减小,同时也进一步节省了控制柜的空间。它不仅具备了以往小型 PLC 所具备的功能,而且还可连接可编程终端,为生产现场创造了新的环境。

(2) 可连接可编程终端,选用通信适配器以相应的上位 Link 或高速 NT Link 与 PT 之间进行高速通信。

(3) 有 10 点~40 点多种 CPU 单元。CPU 单元与扩展 I/O 并用,可完成 10 点~100 点的输入/输出要求。

(4) 有继电器输出型和晶体管输出型两种,并有 AC 和 DC 两种电源型号可选择。

(5) 汇集了各种先进的功能,如高速响应功能、高速计数功能、中断功能,还备有两个模拟量设定。

(6) 充足的程序容量,具有 2048B 的用户程序存储器和 1024B 的数据存储器。

2. CPM1A 系列 PLC 的规格

CPM1A 系列 PLC 的主机规格见表 4-2。

表 4-2 CPM1A 系列 PLC 的主机规格

I/O 点数	型 号	输出形式	电源	输入点数	输出点数
10 点 输 入/ 输出型	CPM1A—10CDR—A	继电器	AC100V~240V	6	4
	CPM1A—10CDR—D	继电器	DC24V		
	CPM1A—10CDT—D	晶体管(NPN)			
	CPM1A—10CDT1—D	晶体管(PNP)			
20 点 输 入/ 输出型	CPM1A—20CDR—A	继电器	AC100V~240V	12	8
	CPM1A—20CDR—D	继电器	DC24V		
	CPM1A—20CDT—D	晶体管(NPN)			
	CPM1A—20CDT1—D	晶体管(PNP)			
30 点 输 入/ 输出型	CPM1A—30CDR—A	继电器	AC100V~240V	18	12
	CPM1A—30CDR—D	继电器	DC24V		
	CPM1A—30CDT—D	晶体管(NPN)			
	CPM1A—30CDT1—D	晶体管(PNP)			
40 点 输 入/ 输出型	CPM1A—40CDR—A	继电器	AC100V~240V	24	16
	CPM1A—40CDR—D	继电器	DC24V		
	CPM1A—40CDT—D	晶体管(NPN)			
	CPM1A—40CDT1—D	晶体管(PNP)			

二、CPM1A 系列 PLC 的外型结构

图 4-9 为 CPM1A 系列 10 点主机的面板结构。

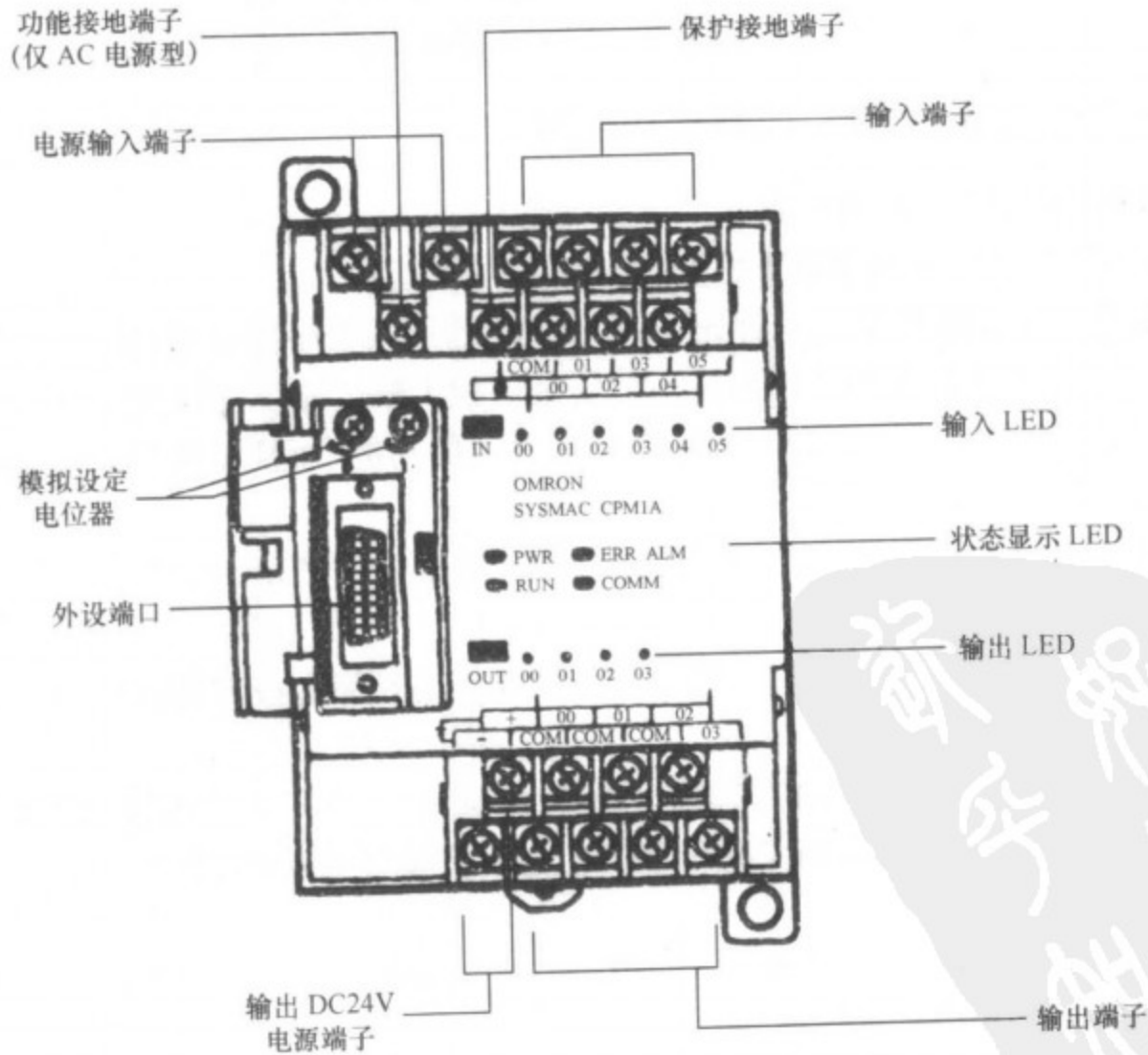


图 4-9 CPM1A 系列 10 点主机的面板结构

主机面板各接线端子和接口的功能介绍如下。

1. 电源输入端子

电源输入端子用来接入电源。AC 电源型的主机,其电源电压为 AC100V~240V,DC 电源型的主机,其电源电压为 DC24V。

2. 功能接地端子(仅 AC 电源型)

为抗噪声、防雷击,功能接地端子必须接地。功能接地端子和保护接地端子可连在一起接地,但不可与其他设备接地线或建筑物金属结构连在一起。

3. 保护接地端子

为了防止触电,保护接地端子务必接地。

4. 输出 DC24V 电源端子

DC24V 电源端子(仅 AC 电源型)对外部提供 DC24V 电源。可作为输入设备或现场传感器的服务电源。

5. 输入端子

输入端子用于连接输入设备。10 点的主机有 6 个输入点,其编号为 00000~00005,它们共用一个 COM 端子。

6. 输出端子

输出端子用于连接输出设备。10 点的主机有 4 个输出点,其编号为 01000~01003。01000、01001 各用一个 COM 端子,01002、01003 则共用一个 COM 端子。

7. 工作状态显示 LED

主机面板的中部有 4 个工作状态显示 LED,其显示状态见表 4-3。

表 4-3 工作状态显示灯的显示状态表

LED	显示情况	意义
PWR(绿)	亮	电源接上
	灭	电源切断
RUN(绿)	亮	运行/监视模式
	灭	编程模式或运行异常
ERR ALM(红)	亮	发生故障
	闪烁	发生警告
	灭	正常
COMM(橙)	闪烁	与外设端口通信中
	灭	上述例外

8. 输入/输出点显示 LED

每个输入点都对应一个 LED,当某个输入点的 LED 亮时,表示该点的状态为 ON。当发生故障时,LED 的状态见表 4-4。

表 4-4 发生故障时输入 LED 的状态

故障种类	输入 LED 的状态
CPU 异常, I/O 总线异常	灭
内存异常, 系统异常	保持发生异常的状态, 即使输入状态发生变化, 输入 LED 的状态也不改变

每个输出点都对应一个 LED,当某个输出点的 LED 亮时,表示该点的状态为 ON。I/O 点的 LED 指示为调试程序、检查运行状态提供了方便。

9. 模拟量设定电位器

两个模拟量设定电位器 0、1 位于面板的左上角,可预置参数,范围为 0~200(BCD)。

10. 外设端口

通过外设端口可以连接编程器等外部设备,也可以通过 RS232C 或 RS422 通信适配器连接其他 PLC 或上位计算机以构成网络。

重点提示 CPM1A 系列 PLC 中,I/O 点为 30 点和 40 点的主机有扩展连接器。该扩展连接器用于连接各种扩展单元,如 I/O 扩展单元、特殊功能单元和 I/O 链接单元等。

三、I/O 扩展单元

CPM1A 系列 10 点、20 点的主机没有扩展连接器,所以不能连接 I/O 扩展单元。30 点、40 点的主机有扩展连接器,但最多能连接 3 台 I/O 扩展单元。40 点的主机连接 3 台 20 点的 I/O 扩展单元时最多能组合成 100 个 I/O 点,因此 CPM1A 系列 PLC 的 I/O 点可在 10 点~100 点之间进行配置。图 4-10 为 10 点、20 点、30 点和 40 点的主机其 I/O 扩展的配置和 I/O 点的编号。

四、特殊功能单元

CPM1A 系列的特殊功能单元有模拟量 I/O 单元、温度传感器和模拟量输出单元以及温度传感器单元。用户根据需要,可以选择使用一种或几种特殊功能单元。但是与主机连接的特殊功能单元总数不能超过 3 台。关于特殊功能单元的详细内容,这里不作具体介绍。

五、CPM1A 系列 PLC 内部资源分配

CPM1A 系列 PLC 的继电器和数据区分为内部继电器区(IR)、特殊辅助继电器区(SR)、暂存继电器区(TR)、保持继电器区(HR)、辅助记忆继电器区(AR)、链接继电器区(LR)、定时器/计数器区(TC)和系统设定区(DM)。

CPM1A 系列 PLC 的内部器件以通道形式进行编号,通道号用 2 位、3 位或 4 位数表示。一个通道内有 16 个继电器,一个继电器对应通道中的一位,16 个位的序号为 00~15。所以一个继电器的编号由两部分组成,一部分是通道号,另一部分是该继电器在通道中的位序号。

1. 内部继电器区(IR)

IR 区分为两部分:一部分是供输入/输出用的输入/输出继电器区;另一部分是供用户编写程序使用的内部辅助继电器区,该区的通道不能直接对外输出。

在 IR 区,某一个继电器的编号要用 5 位数表示。前 3 位是该继电器所在的通道号,后 2 位数是该继电器在通道中的位序号。例如某继电器的编号是 00105,其中的 001 是通道号,05 表示该继电器的位序号。

1) 输入继电器

输入继电器是用来接收可编程序控制器外部开关信号的“窗口”,它是程序只读存储

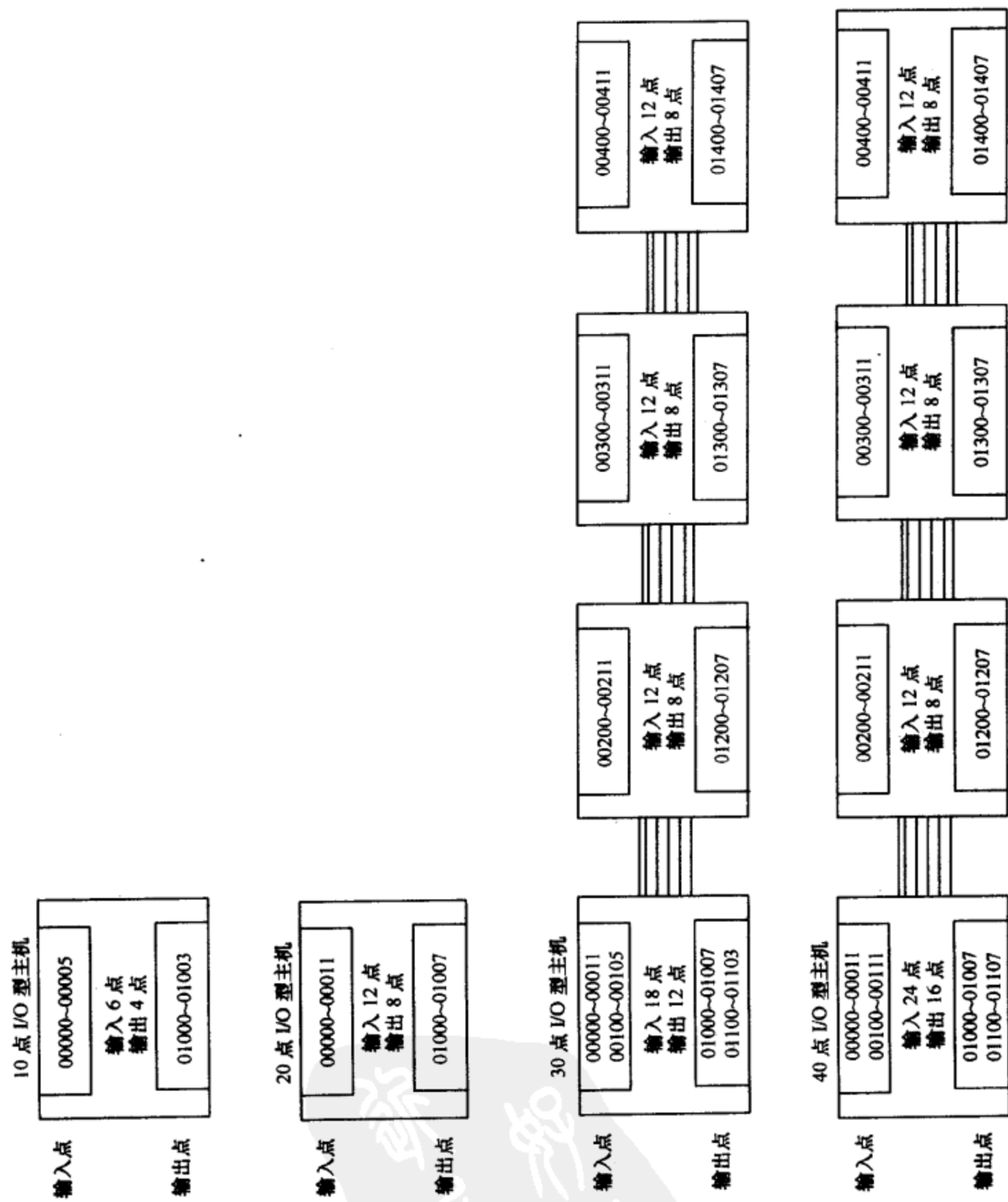


图 4-10 CPM1A 系列 PLC 的 I/O 扩展配置及 I/O 点编号

器,也就是说它只能由外部信号驱动,不能被程序指令驱动。输入继电器区的通道号为000~009。

输入继电器区编号为000~009的10个通道中,其中000、001用来对主机的输入通道编号,002~009用于对主机连接的I/O扩展单元的输入通道编号。

2)输出继电器

输出继电器是用来传送信号到外部负载的器件,它是可读可写的存储器。输出继电器有一个外部输出动合触点,它是按照程序的执行结果而被驱动的,在内部有许多动合触点供编程时使用。输出继电器区的通道号为010~019。

输出继电器区有编号为010~019的10个通道中,其中010、011通道用来对主机的输出通道编号,012~019用于对主机连接的I/O扩展单元的输出通道编号。

3)内部辅助继电器

内部继电器不能直接驱动外部设备,但它可以由可编程序控制器中各种继电器的触点驱动。内部辅助继电器在适当的指令作用下,可以使继电器建立起一定的逻辑关系,其功能相当于继电器—继电器系统中的中间继电器。内部辅助继电器通道号为200~231。

重点提示 在图4-10中,40点的主机连接了3个20点的I/O扩展单元。20点的I/O扩展单元其12个输入点占用一个输入通道,8个输出点占用一个输出通道。002、012用于第一个I/O扩展单元的输入/输出通道编号,003、013用于第二个I/O扩展单元的输入/输出通道编号,004、014用于第三个I/O扩展单元的输入/输出通道编号。

另外,输入/输出继电器区中未被使用的通道也可作为内部辅助继电器使用。例如,40点的主机连接了3个20点的I/O扩展单元,最大输入通道号为004,最大输出通道号为014,所以005~009以及015~019这些通道就可以作为辅助继电器使用。

2. 特殊辅助继电器区(SR)

特殊辅助继电器是CPM1A的动作状态标志,动作起动标志,时钟脉冲的输出、模拟电位器、高数计数器、计数模式中断等各种功能的设定值、现在值的存储单元。

SR区有24个通道,SR继电器的功能见表4-5。

表 4-5 特殊辅助继电器(SR)的功能

通道号	继电器号	功 能	
232~235		宏指令输入区。不使用宏指令的时候,可作为内部辅助继电器使用	
236~239		宏指令输出区。不使用宏指令的时候,可作为内部辅助继电器使用	
240		存放中断0的计数器设定值	输入中断使用计数器模式时的设定值(0000~FFFF)。输入中断不使用计数器模式时,可作为内部辅助继电器使用
241		存放中断1的计数器设定值	
242		存放中断2的计数器设定值	
243		存放中断3的计数器设定值	
244		存放中断0的计数器当前值-1	输入中断使用计数器模式时的计数器当前值-1(0000~FFFF)。输入中断不使用计数器模式时,可作为内部辅助继电器使用
245		存放中断1的计数器当前值-1	
246		存放中断2的计数器当前值-1	
247		存放中断3的计数器当前值-1	

(续)

通道号	继电器号	功 能
248~249		存放高速计数器的当前值。不使用高速计数器时,可作为内部辅助继电器使用
250		存放模拟电位器 0 设定值
251		存放模拟电位器 1 设定值
252		设定值为 0000~0200(BCD 码)
	00	高速计数器复位标志(软件设置复位)
	01~07	不可使用
	08	外设通信口复位时为 ON(使用总线无效),之后自动回到 OFF 状态
	09	不可使用
	10	系统设定区域(DM6600~6655)初始化的时候为 ON,之后自动回到 OFF 状态(仅编程模式时有效)
	11	强制置位/复位的保持标志; OFF:编程模式与监控模式切换时,解除强制置位/复位的接点 ON:编程模式与监控模式切换时,保持强制置位/复位的接点
	12	I/O 保持标志; OFF:运行开始/停止时,输入/输出、内部辅助继电器、链接继电器的状态被复位 ON:运行开始/停止时,输入/输出、内部辅助继电器、链接继电器的状态被保持
	13	不可使用
	14	故障履历复位时为 ON,之后自动回到 OFF
	15	不可使用
253	00~07	故障码存储区,故障发生时将故障码存入 故障报警(FAL/FALS)指令执行时,FAL 号被存储 FAL00 指令执行时,故障码存储区复位(成为 00)
	08	不可使用
	09	当扫描周期超过 100ms 时为 ON
	10~12	不可使用
	13	常 ON
	14	常 OFF
	15	PLC 上电后的第一个扫描周期内为 ON,常作为初始化脉冲
254	00	输出 1min 时钟脉冲(占空比 1:1)
	01	输出 0.02s 时钟脉冲(占空比 1:1),当扫描周期>0.01s 时不能正常使用
	02	负数标志(N 标志)
	03~05	不可使用
	06	微分监视完了标志(微分监视完了时为 ON)
	07	STEP 指令中一个行程开始时,仅一个扫描周期为 ON
	08~15	不可使用

(续)

通道号	继电器号	功 能
255	00	输出 0.1s 时钟脉冲(占空比 1 : 1),当扫描周期>0.05s 时不能正常使用
	01	输出 0.2s 时钟脉冲(占空比 1 : 1),当扫描周期>0.1s 时不能正常使用
	02	输出 1s 时钟脉冲(占空比 1 : 1)
	03	ER 标志(执行指令时,出错发生时为 ON)
	04	CY 标志(执行指令时结果有进位或借位发生时为 ON)
	05	>标志(执行比较指令时,第一个比较数大于第二个比较数时,该位 ON)
	06	=标志(执行比较指令时,第一个比较数等于第二个比较数时,该位 ON)
	07	<标志(执行比较指令时,第一个比较数小于第二个比较数时,该位 ON)
	08~15	不可使用

特殊辅助继电器区的 232~249 通道在没作表中指定的功能用时,可作为内部辅助继电器使用。250、251 通道只能按表中指定的功能用,不可作为内部辅助继电器使用。

252~255 通道是用来存储 PLC 的工作状态标志,发出工作起动信号、产生时钟脉冲等。除 25200 外的其他继电器,用户程序只能利用其状态而不能改变其状态,或者说用户程序只能用其触点,而不能将其作输出继电器用。

25200 是高速计数器的软件复位标志位,其状态可由用户程序控制,当其为 ON 时,高速计数器被复位,高速计数器的当前值被置为 0000。

25300~25307 是故障码存储区。执行故障诊断指令后,故障码存到 25300~25307 中。

3. 暂存继电器区(TR)

CPM1A 系列 PLC 有 8 个暂存继电器,其编号为 TR0~TR7,暂存继电器的编号要冠以 TR。在编写用户程序时,暂存继电器用于暂存梯形图中分支点之前的 ON/OFF 状态。在同一程序段中不能重复使用相同的暂存继电器编号,但在不同的程序段中可以用。

4. 保持继电器区(HR)

保持继电器具有掉电保护的功能,对于那些需要掉电前的状态在可编程控制器恢复工作时再现,这时就需要使用保持继电器,保持继电器区的编号为 HR00~HR19,共 20 个通道,每个通道有 16 位,共有 320 个继电器。保持继电器的使用方法同内部辅助继电器一样。保持继电器的通道编号必须冠以 HR。

5. 辅助记忆继电器区(AR)

辅助继电器区用来存储 PLC 的工作状态信息,如扩展单元连接的台数、断电发生的次数、扫描周期最大值及当前值,以及高速计数器、脉冲输出的工作状态标志、通信出错码、系统设定区域异常标志等,用户可根据其状态了解系统运行状况。辅助记忆继电器区共有 AR00~AR15 的 16 个通道,通道编号前要冠以 AR。该继电器区具有掉电保持功能。辅助记忆继电器的功能见表 4-6。

表 4-6 辅助记忆继电器(AR)的功能

通道号	继电器号	功 能	
AR00~AR01		不可使用	
AR02	00~07	不可使用	
	08~11	扩展单元连接的台数	
	12~15	不可使用	
AR03~AR07		不可使用	
AR08	00~07	不可使用	
	08~11	外围设备通信出错码(BCD 码) 0:正常終了 1:奇偶出错 2:格式出错 3:溢出出错	
	12	外围设备通信异常时为 ON	
	13~15	不可使用	
AR09		不可使用	
AR10	00~15	电源断电发生的次数(BCD 码),复位时用外围设备写入 0000	
AR11	00	1 号比较条件满足时为 ON	高速计数器进行区域比较时,各编号的条件符合时成为 ON 的继电器
	01	2 号比较条件满足时为 ON	
	02	3 号比较条件满足时为 ON	
	03	4 号比较条件满足时为 ON	
	04	5 号比较条件满足时为 ON	
	05	6 号比较条件满足时为 ON	
	06	7 号比较条件满足时为 ON	
	07	8 号比较条件满足时为 ON	
	08~14	不可使用	
	15	脉冲输出状态 0:停止中 1:输入中	
AR12		不可使用	
AR13	00	DM6600~6614(电源 ON 时读出的 PLC 系统设定区域)中有异常时为 ON	
	01	DM6615~6644(运行开始时读出的 PLC 系统设定区域)中有异常时为 ON	
	02	DM6645~6655(经常读出的 PLC 系统设定区域)中有异常时为 ON	
AR13	03~04	不可使用	
	05	在 DM6619 中设定的扫描时间比实际扫描时间大的时候为 ON	
	06~07	不可使用	
	08	在用户存储器(程序区域)范围以外存在有继电器区域时为 ON	
	09	高速存储器发生异常时为 ON	
	10	固定 DM 区域(DM6144~6599)发生累加和校验出错时为 ON	
	11	PLC 系统设定区域发生累加和校验出错时为 ON	
	12	在用户存储器(程序区)发生累加和校验出错、执行不正确指令时为 ON	
	13~15	不可使用	
AR14	00~15	扫描周期最大值(BCD 码 4 位)($\times 0.1\text{ms}$) 运行开始以后存入的最大扫描周期 运行停止时不复位,但运行开始时被复位	
AR15	00~15	扫描周期当前值(BCD 码 4 位)($\times 0.1\text{ms}$) 运行中最新的扫描周期被存入 运行停止时不复位,但运行开始时被复位	

6. 链接继电器区(LR)

当 CPM1A 与本系列 PLC 之间,与 CQM1、CPM1、SRM1 以及 C200HS 等进行链接时,要使用链接继电器与对方交换数据。在不进行链接时,链接继电器可作内部辅助继电器使用。链接继电器区 LR00~LR15 的 16 个通道,通道编号前要冠以 LR。

7. 定时器/计数器区(TC)

定时器/计数器区共有 128 个定时器/计数器,编号范围为 000~127。定时器、计数器又各分为两种,即普通定时器 TIM 和高速定时器 TIMH,普通计数器 CNT 和可逆计数器 CNTR。

在分配定时器和计数器编号时,两者的编号不能相同,例如,不能即有 TIM003 定时器又有 CNT003 计数器。当电源掉电时,定时器被复位,而计数器不复位,具有掉电保持功能。

8. 系统设定区(DM)

PLC 系统设定区域(DM6600~DM6655)是用来存储数据决定 CPM1A 动作的。一旦 PLC 系统设定区域的内容被设定,即使 CPM1A 的电源成为 OFF(断开)的时候,系统运行开始或停止的时候也能保持不变。该区共有 1536 个通道,每个通道 16 个位,通道编号用 4 位数表示且冠以 DM 字样。

1)系统设定的更改方法

PLC 系统设定区域(DM6600~DM6655)只能用外围设备进行设定和变更。

DM6600~6644 CPM1A 的动作仅在编程模式的时候设定。

DM6645~6655 CPM1A 的动作能够在编程模式、监视模式的时候设定。

2)PLC 系统设定的读出定时

PLC 系统设定区域的内容,在下述的定时时间读出。

DM6600~6614 CPM1A 的电源 ON 时,仅一次读出。

DM6615~6644 运行开始时(执行程序),仅一次读出。

DM6645~6655 CPM1A 的电源 ON 时经常被读出。

3)关于 PLC 系统设定的设定出错

在 PLC 系统设定区域(DM6600~DM6655)的设定内容有错误的时候,在 CPM1A 的读出定时时,产生运行出错(故障码 9B),反应设定的通道内有错,辅助记忆继电器 AR1300~1302 都为 ON。但是对有错误的设定只有用初始化来设定。

系统设定区的功能见表 4-7。

表 4-7 系统设定区的功能

通道号	位	功 能	默认值	定时读出
DM6600	00~07	电源 ON 时 PLC 的工作模式 00:编程 01:监控 02:运行	根据编程器的模式设定开关	电源 ON 时
	08~15	电源 ON 时工作模式设定 00:编程器的模式设定开关 01:电源断电之前的模式 02:用 00~07 位指定的模式		

(续)

通道号	位	功 能	默认值	定时读出
DM6601	00~07	不可使用	非保持	电源 ON 时
	08~11	电源 ON 时 IO M 保持标志,保持/非保持设定 0:非保持 1:保持		
	12~15	电源 ON 时 S/R 保持标志,保持/非保持设定 0:非保持 1:保持		
DM6602	00~03	用户程序存储器可写/不可写设定 0:可写 1:不可写(除 DM6602)	可写	电源 ON 时
	04~07	编程器的信息显示用英文/用日文设定 0:用英文 1:用日文	英文	
	08~15	不可使用		
DM6603~6614		不可使用		
DM6615~6616		不可使用		
DM6617	00~07	外围设备通信口服务时间的设定 对扫描周期而言服务时间的比率可在 00~99%之间(用 BCD 2 位)指定	无效	
	08~15	外围设备通信口服务时间设定的有效/无效设定 00:无效(固定为扫描周期的 5%) 01:有效(用 00~07 位指定)		
DM6618	00~07	扫描监视时间的设定 设定值范围:00~99(BCD 码),时间单位用 08~15 位设定	120ms 固定	运行 开始时
	08~15	扫描周期监视有效/无效设定 00:无效(120ms 固定) 01:有效、单位时间 10ms 02:有效、单位时间 100ms 03:有效、单位时间 1s 监视时间=设定值×单位时间		
DM6619		扫描周期可变/不可变设定 0000:可变 0001~9999:不可变,为固定时间(单位为 ms)	扫描时 间可变	
DM6620	00~03	0000~00002 的输入滤波器时间常数设定	0:缺省 值(8ms)	运行 开始时
	04~07	00003~00004 的输入滤波器时间常数设定		
	08~11	00005~00006 的输入滤波器时间常数设定		
	12~15	00007~00011 的输入滤波器时间常数设定		
DM6621	00~07	001CH 的输入滤波器时间常数设定		
	08~15	002CH 的输入滤波器时间常数设定		

(续)

通道号	位	功 能		默认值	定时读出	
DM6622	00~07	003CH 的输入滤波器时间常数设定		0:缺省值(8ms) 1:1ms 2:2ms 3:4ms 4:8ms 5:16ms 6:32ms 7:64ms 8:128ms	0:缺省 值(8ms)	运行 开始时
	08~15	004CH 的输入滤波器时间常数设定				
DM6623	00~07	005CH 的输入滤波器时间常数设定				
	08~15	006CH 的输入滤波器时间常数设定				
DM6624	00~07	007CH 的输入滤波器时间常数设定				
	08~15	008CH 的输入滤波器时间常数设定				
DM6625	00~07	009CH 的输入滤波器时间常数设定				
	08~15	不可使用				
DM6626~6627		不可使用				
DM6628	00~03	输入号 00003 的中断输入设定		0:通常输入 1:中断输入 2:快速输入	通常 输入	
	04~07	输入号 00004 的中断输入设定				
	08~11	输入号 00005 的中断输入设定				
	12~15	输入号 00006 的中断输入设定				
DM6629~6641		不可使用				
DM6642	00~03	高速计数器模式设定 4:递增计数模式 0:增减计数模式		不 使用 计数器	运行 开始时	
	04~07	高速计数器的复位方式设定 0:Z 相信号+软件复位 1:软件复位				
	08~15	高速计数器使用设定 00:不使用 01:使用				
DM6643~6644		不可使用				
DM6645~6649		不可使用				
DM6650	00~07	上位链接总线	外围设备通信口通信条件标准格式设定 00:标准设定 启动位:1 位 字 长:7 位 奇偶校:偶 停止位:2 位 比特率:9600b/s 01:个别设定 DM6651 的设定 其他:系统设定异常(AR1302 为 ON)	外 围 设 备 通 信 口 设 定 为 上 位 链 接	电 源 ON 时 经 常 读 出	
	08~11	1:1 链接 (主动方)	外围设备通信口 1:1 链接区域设定 0:LR00~LR15			
	12~15	全模式	外围设备通信口使用模式设定 0:上位链接 2:1:1 链接从动方 3:1:1 链接主动方 4:NT 链接 其他:系统设定异常(AR1302 为 ON)			

(续)

通道号	位	功 能		默认值	定时读出																																																														
DM6651	00~07	上位链接	外围设备通信口比特率设定 00:1200 01:2400 02:4800 03:9600 04:19200(可选)		电源 ON 时 经常 读出																																																														
	08~15	上位链接	外围设备通信口的帧格式设定 <table><tr><td></td><td>启动位</td><td>字长</td><td>停止位</td><td>奇偶校</td></tr><tr><td>00:</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>偶校验</td></tr><tr><td>01:</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>奇校验</td></tr><tr><td>02:</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>无校验</td></tr><tr><td>03:</td><td>1</td><td>7</td><td>2</td><td>偶校验</td></tr><tr><td>04:</td><td>1</td><td>7</td><td>2</td><td>奇校验</td></tr><tr><td>05:</td><td>1</td><td>7</td><td>2</td><td>无校验</td></tr><tr><td>06:</td><td>1</td><td>8</td><td>1</td><td>偶校验</td></tr><tr><td>07:</td><td>1</td><td>8</td><td>1</td><td>奇校验</td></tr><tr><td>08:</td><td>1</td><td>8</td><td>1</td><td>无校验</td></tr><tr><td>09:</td><td>1</td><td>8</td><td>2</td><td>偶校验</td></tr><tr><td>10:</td><td>1</td><td>8</td><td>2</td><td>奇校验</td></tr><tr><td>11:</td><td>1</td><td>8</td><td>2</td><td>无校验</td></tr></table> 其他:系统设定异常(AR1302 为 ON)				启动位	字长	停止位	奇偶校	00:	1	7	1	偶校验	01:	1	7	1	奇校验	02:	1	7	1	无校验	03:	1	7	2	偶校验	04:	1	7	2	奇校验	05:	1	7	2	无校验	06:	1	8	1	偶校验	07:	1	8	1	奇校验	08:	1	8	1	无校验	09:	1	8	2	偶校验	10:	1	8	2	奇校验	11:	1
	启动位	字长	停止位	奇偶校																																																															
00:	1	7	1	偶校验																																																															
01:	1	7	1	奇校验																																																															
02:	1	7	1	无校验																																																															
03:	1	7	2	偶校验																																																															
04:	1	7	2	奇校验																																																															
05:	1	7	2	无校验																																																															
06:	1	8	1	偶校验																																																															
07:	1	8	1	奇校验																																																															
08:	1	8	1	无校验																																																															
09:	1	8	2	偶校验																																																															
10:	1	8	2	奇校验																																																															
11:	1	8	2	无校验																																																															
DM6652	00~15	上位链接	外围设备通信的发送延时设定 设定值:0000~9999(BCD)、单位 10ms 其他:系统设定异常(AR1302 为 ON)		电源 ON 时 经常 读出																																																														
DM6653	00~07	上位链接	外围设备通信时,上位 LINK 模式的机号设定 设定值:00~31(BCD) 其他:系统设定异常(AR1302 为 ON)																																																																
	08~15	不可使用																																																																	
DM6654	00~15	不可使用																																																																	
DM6655	00~03	故障履历存入法的设定 0:超过 10 记录,则移位存入 1:存到 10 个记录为止(不移位) 其他不存入		移位 方式																																																															
	04~07	不可使用																																																																	
	08~11	扫描周期超出检测 0:检测 1:不检测		检测																																																															
	12~15	不可使用																																																																	

第五章 CPM1A 系列 PLC 的指令系统

PLC 是专为工业环境而设计的工控设备,其显著特点之一就是编程语言面向工业控制、面向用户,并且简单易懂,易于掌握。尽管各厂家的 PLC 都有自己的编程语言,但普遍使用的均为梯形图语言和指令语句语言。CPM1A 系列 PLC 共有 150 多条指令,指令系统十分丰富,掌握指令系统的功能及使用方法,不仅可将梯形图语言转为语句表语言,而且对学习其他 PLC 机型也具有十分重要的意义。

第一节 指令系统概述

一、指令的分类

按指令功能的不同,可分为基本指令和应用指令两类。基本指令是直接对输入和输出点进行操作的指令,如输入、输出及逻辑“与”、“或”、“非”等操作。应用指令是进行数据传送、数据处理、数据运算、程序控制等操作的指令。应用指令的多少关系到 PLC 功能的强弱。

二、指令的格式

指令的格式可以表示为

助记符(指令码) 操作数 1
 操作数 2
 操作数 3

助记符表示指令的功能,它指明了执行该指令所完成的操作。助记符常用英文或其缩写来表示。对不同生产厂家的 PLC,相同功能的指令,其助记符可能不同。

指令码是指令的代码,用两位数(00~99)表示。大部分基本指令没有指令码,而应用指令几乎都有指令码。

操作数提供了指令执行的对象或数据。各种指令的操作数个数不同,有的指令不带操作数,有的指令带 1 个操作数,有的指令带 2 个或 3 个操作数。

重点提示 操作数可以是继电器号、通道号或常数。为了区别一个操作数是常数还是通道号,在作为操作数的常数前要加前缀#。例如,计数器指令可表示为

CNT000
SV

其中 000 是计数器的编号,SV 是操作数。若 $SV=200$,表明 000 号计数器的设定值是 200 通道中的数据;若 $SV=\#0200$,表明计数器的设定值是常数 200。

操作数为常数时,可以是十进制或十六进制,这取决于指令的要求。

间接寻址的操作数用*DMX××××表示。这种操作数是以DM××××中的数据为地址的另一个DM通道中的数据。DM××××中的内容必须是BCD码,且不得超出DM区的范围。

三、指令的形式

指令分为微分型和非微分型两种形式,CPM1A系列的应用指令多数兼有这两种形式。微分型指令要在其助记符前加标记@。两种指令的区别是:对非微分型指令,只要其执行条件为ON,则每个扫描周期都将执行该指令;微分型指令仅在其执行条件由OFF变为ON时才执行一次。如果执行条件不发生变化,或者从上一个扫描周期的ON变为OFF,则该指令都不执行。

重点提示 SR区的25503~25507是指令执行结果的标志位,有的指令执行后不影响标志位,有的指令执行后可能影响标志位。其中25503是最常用的标志位,若25503为ON,表示当前执行的程序出错且停止执行程序。

第二节 CPM1A 系列PLC 基本指令

编写应用程序时,使用频率最高的是基本指令。CPM1A系列PLC有11类17条基本指令,下面分别进行介绍。

一、LD 和 LD NOT 指令

LD指令表示常开(动合)触点与左侧母线连接;LD NOT指令表示常闭(动断)触点与左侧母线连接。LD和LD NOT指令的格式和梯形图符号如图5-1所示。

图中,N是继电器编号,其范围是:IR(内部继电器)、SR(特殊辅助继电器)、TR(暂存继电器)、HR(保持继电器)、AR(辅助记忆继电器)、LR(链接继电器)、TC(定时器/计数器)。

执行这两条指令时不影响标志位。

二、OUT 和 OUT NOT 指令

OUT指令输出运算结果;OUT NOT指令将运算结果取反后再输出。OUT和OUT NOT指令的格式和梯形图符号如图5-2所示。

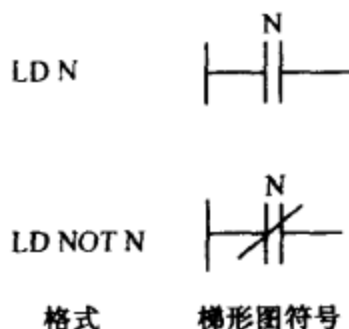


图 5-1 LD 和 LD NOT 指令的格式和梯形图符号

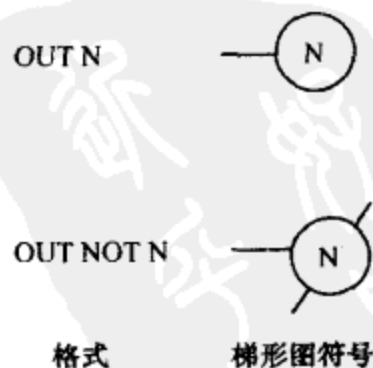


图 5-2 OUT 和 OUT NOT 指令的格式和梯形图符号

图中,N 是继电器编号,其范围是:IR(内部继电器)、SR(特殊辅助继电器)、TR(暂存继电器)、HR(保持继电器)、AR(辅助记忆继电器)、LR(链接继电器)、TC(定时器/计数器)。

执行这两条指令时不影响标志位。

三、AND 和 AND NOT 指令

AND 指令表示常开触点与前面的触点电路相串联;AND NOT 指令表示常闭触点与前面的触点电路相串联。AND 和 AND NOT 指令的格式和梯形图符号如图 5-3 所示。

图中,N 是继电器编号,其范围是:IR(内部继电器)、SR(特殊辅助继电器)、HR(保持继电器)、AR(辅助记忆继电器)、LR(链接继电器)、TC(定时器/计数器)。

执行这两条指令时不影响标志位。

图 5-4 为应用 AND 和 AND NOT 指令的例子。

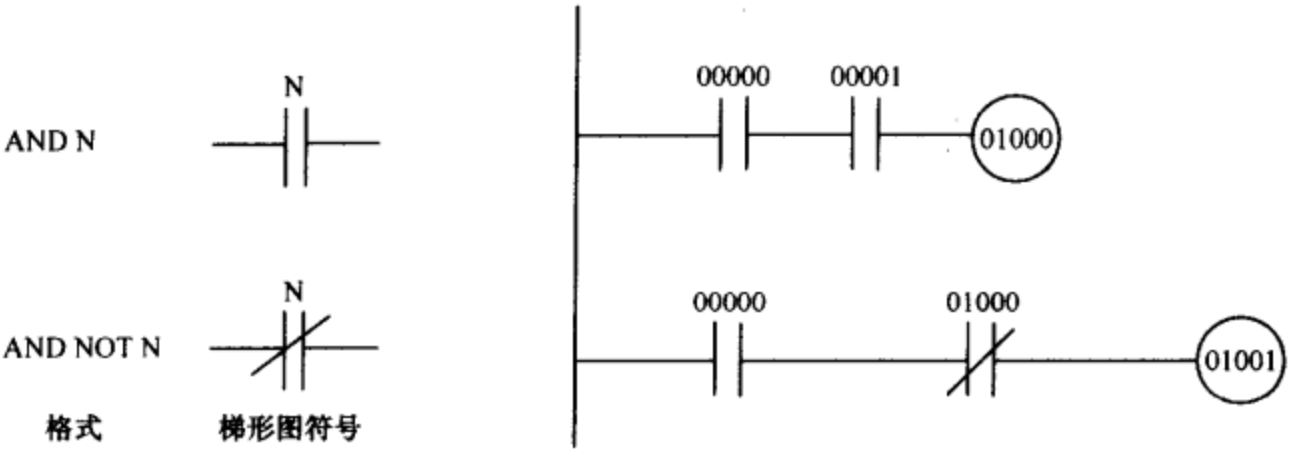


图 5-3 AND 和 AND NOT 指令的格式和梯形图符号

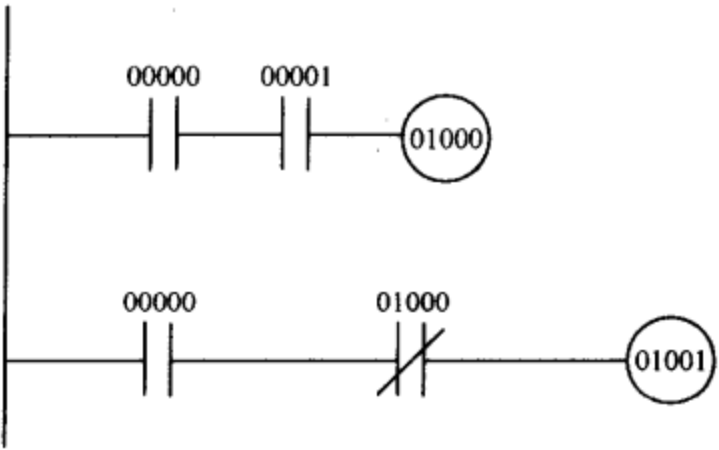


图 5-4 指令举例 1

指令语句程序如下:

```
LD      00000
AND     00001
OUT     01000
LD      00000
AND NOT 01000
OUT     01001
```

四、OR 和 OR NOT 指令

OR 指令表示常开触点与前面的触点电路相并联;OR NOT 指令表示常闭触点与前面的触点电路相并联。OR 和 OR NOT 指令的格式和梯形图符号如图 5-5 所示。

图中,N 是继电器编号,其范围是:IR(内部继电器)、SR(特殊辅助继电器)、HR(保持继电器)、AR(辅助记忆继电器)、LR(链接继电器)、TC(定时器/计数器)。

执行这两条指令时不影响标志位。

例如,图 5-6 为应用 OR 和 OR NOT 指令的例子。

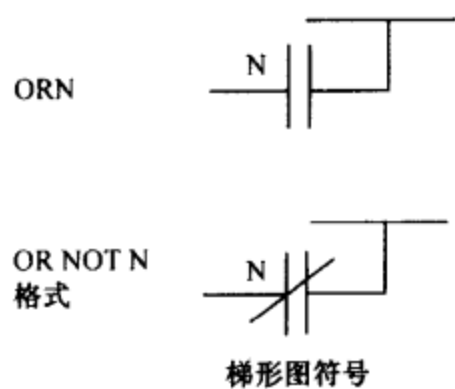


图 5-5 OR 和 OR NOT 指令的格式和梯形图符号

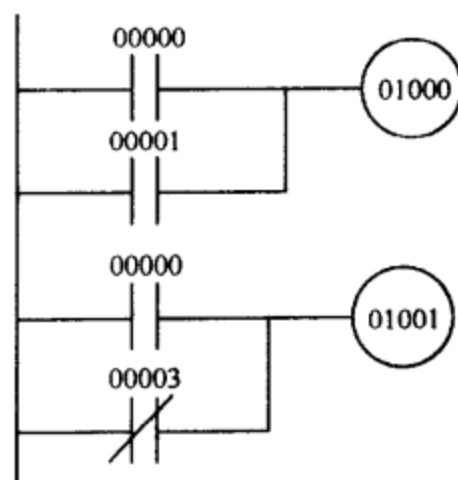


图 5-6 指令举例 2

指令语句程序如下：

```
LD      00000
OR       00001
OUT      01000
LD      00000
OR NOT   00003
OUT      01001
```

五、AND LD 指令

AND LD 指令用于逻辑块(触点组)的串联连接,即对逻辑块(触点组)进行逻辑“与”的操作。AND LD 指令的格式和梯形图符号如图 5-7 所示。

AND LD 指令无操作数,且执行这条指令时不影响标志位。

例如,图 5-8 所示的梯形图,可用以下两种指令语句程序进行编写。



图 5-7 AND LD 指令的格式和梯形图符号

方法 1(一般编程法)：

```
LD      00000
AND     00001
OR NOT  00002
LD      00003
OR      00004
AND LD
LD      00005
```

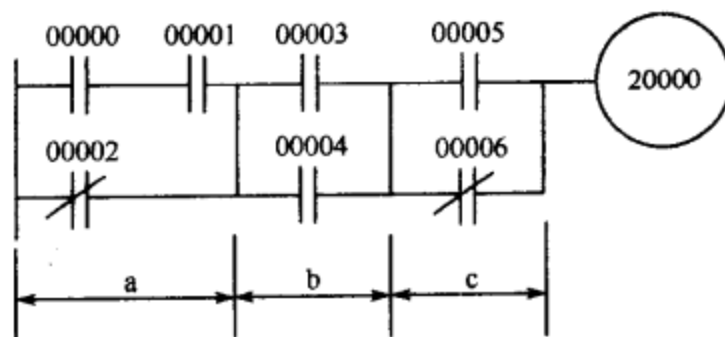


图 5-8 指令举例 3

```

OR NOT    00006
AND LD
OUT       20000

```

按一般编程法(方法 1)每写完两个触点组,紧接着就编写 AND LD 指令,然后接着写第三个触点组,再写一个 AND LD 指令。在程序中将三个触点组分别设为 a、b、c,按一般编程法编程,可编程控制器运行的结果事先处理 a、b 两个触点组(即 $a \times b$),然后将 $(a \times b)$ 看成一个新触点组与 c 触点组处理,即 $(a \times b) \times c$ 。

方法 2(集中编程法):

```

LD        00000
AND       00001
OR NOT    00002
LD        00003
OR        00004
LD        00005
OR NOT    00006
AND LD
AND LD
OUT       20000

```

按集中编程法(方法 2),将三个触点组先都写完,然后连续编写两个 AND LD 指令,这种编程方式在可编程控制器运行的逻辑结果与一般编程法(方法 1)是一致的。但在具体执行过程中却不同,它是先处理 b、c 两个触点组(即 $b \times c$),然后将 $(b \times c)$ 看成一个新触点组与 a 触点组处理即 $(b \times c) \times a$ 。

这两种编程指令程序执行中先后次序的不同,是因为集中编程法启用了存放指令的堆栈寄存器的下层空间,而一般编程法只启用堆栈寄存器的第一层。也就是说集中编程法中将指令按 a、b、c 顺序压入堆栈寄存器,当 a、b、c 从堆栈中弹出时按“先入后出”原则进行。所以最先弹出的是 c 和 b,然后才是 a,那么执行指令的结果为 $b \times c$,然后才进行 $(b \times c) \times a$ 的处理。

另外,在方法 2 中,AND LD 指令之前的触点组数应小于等于 8,而方法 1 对此没有限制。

六、OR LD 指令

OR LD 指令用于逻辑块(触点组)的并联连接,即对逻辑块(触点组)进行逻辑“或”的操作。OR LD 指令的格式和梯形图符号如图 5-9 所示。

OR LD 指令无操作数,且执行这条指令时不影响标志位。

例如,图 5-10 所示的梯形图,可用以下两种指令语句程序进行编写。

方法 1(一般编程法):

```

LD        00000
AND NOT    00001
LD NOT     00002

```


AND 20005
OR LD
LD 01004
AND 00003
OR LD
OUT 01100



图 5-9 OR LD 指令的格式和梯形图符号

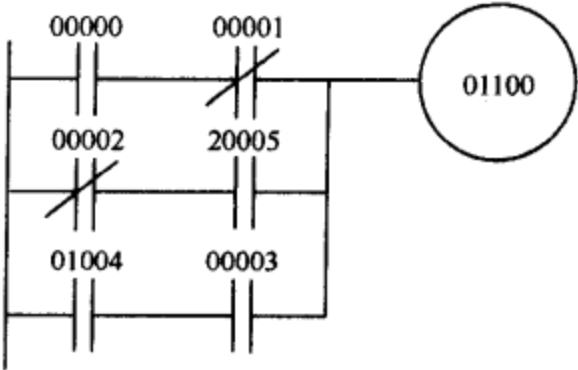


图 5-10 指令举例 4

方法 2(集中编程法):

LD 00000
AND NOT 00001
LD NOT 00002
AND 20005
LD 01004
AND 00003
OR LD
OR LD
OUT 01100

再如,图 5-11 所示的梯形图,其指令语句程序如下。

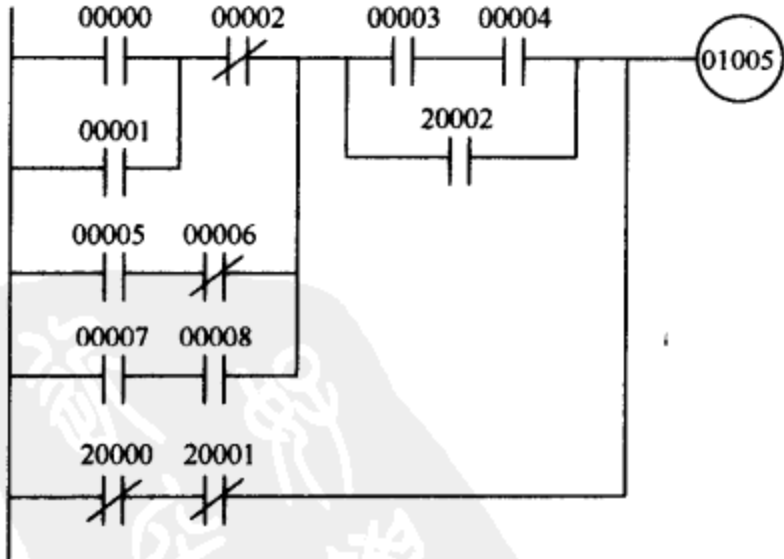


图 5-11 指令举例 5

LD 00000
OR 00001

AND NOT	00002
LD	00005
AND NOT	00006
OR LD	
LD	00007
AND	00008
OR LD	
LD	00003
AND	00004
OR	20002
AND LD	
LD NOT	20000
AND NOT	20001
OR LD	
OUT	01005

七、置位指令 SET 和复位指令 RESET

SET 称为置位指令,RESET 称为复位指令。当 SET 指令的执行条件为 ON 时,使指定继电器置位为 ON,当执行条件为 OFF 时,SET 指令不改变指定继电器的状态。当 RESET 指令的执行条件为 ON 时,使指定继电器复位为 OFF,当执行条件为 OFF 时,RESET 指令不改变指定继电器的状态。这两个指令的格式和梯形图符号如图 5-12 所示。

图中,N 是继电器编号,其范围是:IR(内部继电器)、SR(特殊辅助继电器)、HR(保持继电器)、AR(辅助记忆继电器)、LR(链接继电器)。

执行这两条指令时不影响标志位。

在简易编程器面板上有这两个指令的对应按键,输入这两个指令时要按以下顺序操作:按 FUN 键→按 SET(或 RESET)键→按数字键→按 WRITE 键。

SET 和 RESET 指令常成对使用,一般用 SET 指令将某继电器置为 ON,再用 RESET 指令将其置为 OFF。也可以单独用 RESET 指令将已为 ON 的继电器置为 OFF。

SET、RESET 指令的执行条件常使用短信号(脉冲信号)。这两条指令的语句之间可以插入别的指令语句。

图 5-13 为使用这两个指令的例子,图 5-13(b)是它们的工作波形。图中,00000 是 SET 指令的执行条件,当 00000 为 ON 时,20000 被置为 ON 并保持,即使 00000 又变为 OFF;00003 是 RESET 指令的执行条件,当 00003 为 ON 时,20000 被置为 OFF 并保持,即使 00003 又变为 OFF。当 SET、RESET 指令的操作数是保持继电器 HR 时具有掉电保持功能。

指令语句程序如下:

LD	00000
SET	20000

LD 00003
RESET 20000

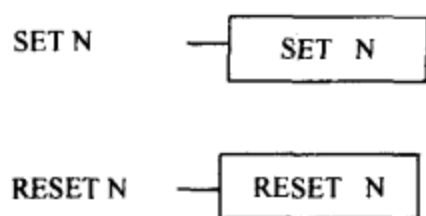
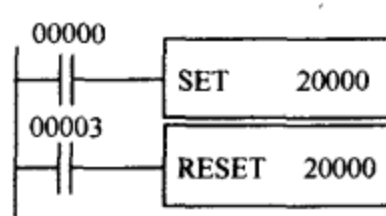
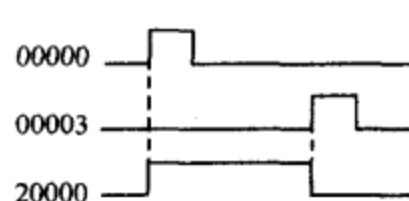


图 5-12 SET 和 RESET 指令的格式和梯形图符号



(a)



(b)

图 5-13 指令举例 6

八、保持指令 KEEP

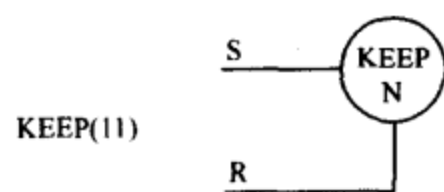
KEEP 称为保持指令,相当于一个锁存器,它可以像使用一个继电器那样使用这一锁存器,即具有继电器自锁(自保)功能,它可以将短信号变成长信号。KEEP 指令的格式和梯形图符号如图 5-14 所示。

图中,S 为置位端,R 为复位端。N 为继电器编号,其范围是:IR(内部继电器)、SR(特殊辅助继电器)、HR(保持继电器)、AR(辅助记忆继电器)、LR(链接继电器)。N 为 HR 区继电器时,具有掉电保持功能。

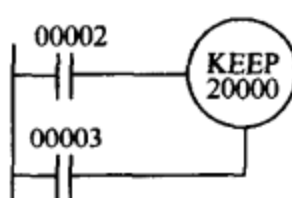
执行这两条指令时不影响标志位。

当 S 端输入为 ON 时,继电器 N 被置为 ON 且保持,当 R 端输入为 ON 时,N 被置为 OFF 且保持,当 S、R 同时为 ON 时,N 为 OFF,

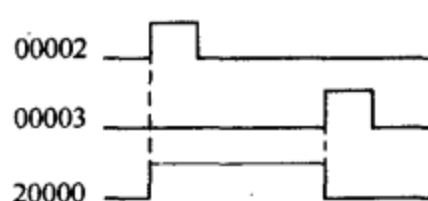
图 5-15 为使用 KEEP 指令的例子,图 5-15(b)是它们的工作波形。



格式 梯形图符号



(a)



(b)

图 5-14 KEEP 指令的格式和梯形图符号

图 5-15 指令举例 7

指令语句程序如下:

LD 00002
LD 00003
KEEP(11) 20000

图中,00002 是置位端的输入条件,00003 是复位端的输入条件。当 00002 由 OFF 变 ON 时,20000 被置为 ON 并保持,即使 00002 又变为 OFF;当 00003 由 OFF 变为 ON 时,20000 被复位为 OFF 并保持,即使 00003 又变为 OFF。

重点提示 图 5-16 也是实现自保控制的梯形图。指令语句程序如下:

LD 00000

OR 20000
AND NOT 00001
OUT 20000

比较图 5-13、图 5-15 和图 5-16 可看出，三个程序对 20000 都具有自保控制功能，它们的区别在于：用 KEEP 指令编程时，需用 3 条语句，当使用保持继电器 HR 作输出时，具有掉电保持的功能；用 SET 和 RESET 指令编程时，需用 4 条语句，但 SET 和 RESET 指令语句之间可插入别的指令，使用比较灵活。

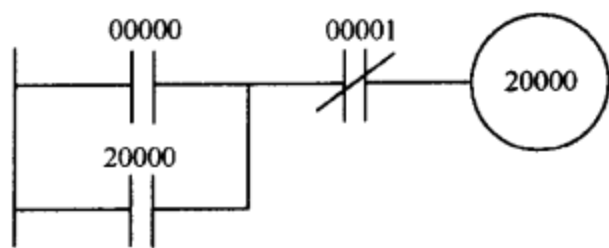
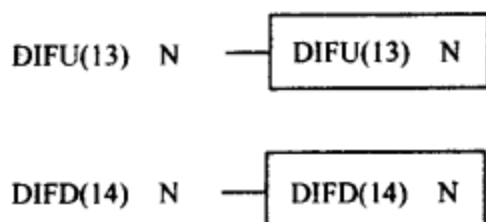


图 5-16 实现自保控制的梯形图

九、上升沿微分指令 DIFU 和下降沿微分指令 DIFD

图 5-17 为上升沿微分指令 DIFU 和下降沿微分指令 DIFD 的格式和梯形图。

图中，N 为继电器编号，其范围是：IR（内部继电器）、SR（特殊辅助继电器）、HR（保持继电器）、AR（辅助记忆继电器）、LR（链接继电器）。



当执行条件由 OFF 变为 ON 时，上升沿微分指令 DIFU 使指定继电器在一个扫描周期内为 ON；当执行条件由 ON 变为 OFF 时，下降沿微分指令 DIFD 使指定继电器在一个扫描周期内为 ON。

图 5-17 上升沿微分指令 DIFU 和下降沿微分指令 DIFD 的格式和梯形图

图 5-18 为使用 DIFU 和 DIFD 指令的例子，图中 T 是扫描周期。00005 是 DIFU 和 DIFD 指令的执行条件。从触点 00005 由 OFF 变为 ON 开始，继电器 20000 只接通一个扫描周期；从触点 00005 由 ON 变为 OFF 开始，保持继电器 HR0000 只接通一个扫描周期。

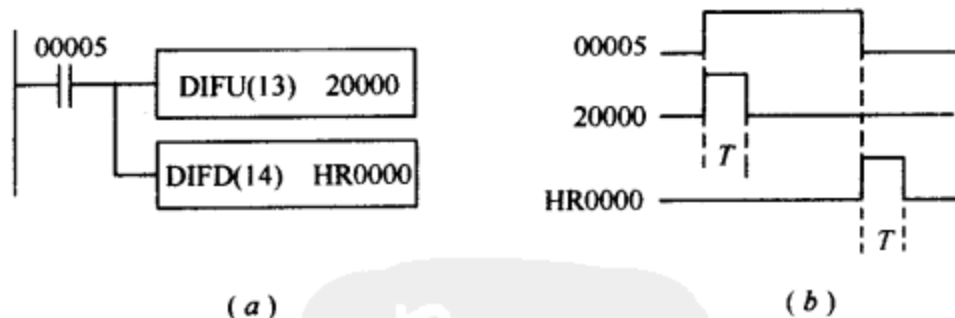


图 5-18 指令举例 8

指令语句程序如下：

LD 00005
DIFU(13) 20000
DOFD(14) HR0000

重点提示 利用 DIFU 和 DIFD 指令的操作位作为某指令的执行条件，使某条指令只在该操作位由 OFF 变为 ON、或由 ON 变为 OFF 时执行一次。另外，利用 DIFU 和

DIFD 指令可以产生脉冲信号。

十、空操作指令 NOP

NOP 空操作指令用来取消某一步操作。修改程序时,使用 NOP 指令,可使步序号变更较少,便于调试程序。NOP 的指令格式为 NOP(00)。

例如,对于图 5-19(a)所示的梯形图,若改写成图 5-19(b)所示的梯形图,可将图 5-19(a)语句表中的 AND 00001 改写成 NOP(00)即可。若欲去掉 LD 00000,不仅把第一条语句处改写成 NOP(00),还要将下一条语句 AND 00001 改写成 LD 00001,否则就会出现语法错误。

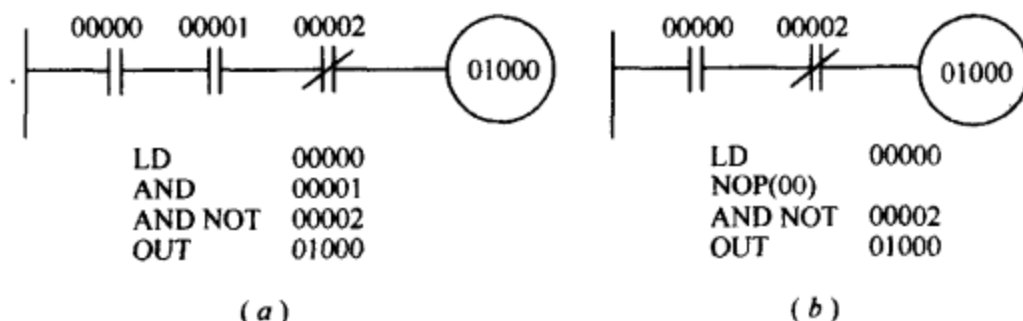


图 5-19 指令举例 9

十一、结束指令 END

END 指令表示程序结束,程序的结尾处一定要安排 END 指令,因为 CPU 扫描到 END 指令时即认为程序到此结束,则 END 后面的程序一概不执行,并马上返回到程序的起始处再次扫描程序。若程序结束时没写 END 指令,在程序运行和查错时将显示出错信息“NO END INST”。在调试程序时可以将 END 指令插在各段程序之后,对程序进行分段调试,调试结束时再删除插在中间各段程序之后的 END 指令。END 的指令指令格式为 END(01)。

图 5-20 为使用 END 指令的例子,指令语句程序如下:

```
LD      00000
OUT     01000
END(01)
```

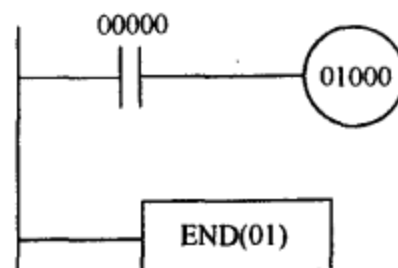


图 5-20 指令举例 10

第三节 怎样读、绘制梯形图

一、如何读梯形图

设计梯形图的方法和设计一般控制线路的方法是一样的,例如要设计一个“启/停”并带自锁的开关电路,其梯形图如图 5-21 所示。硬件连接上,在输入端 00000 和 00001 上各装一只按钮开关,对应于“启”和“停”的功能。

梯形图中常开触点 00000(输入点)与母线相连,所以线圈 01000 不得电而使 01000 号继电器处于释放状态,注意,在分析梯形图时所说的得电或失电都是指软件上的数据变

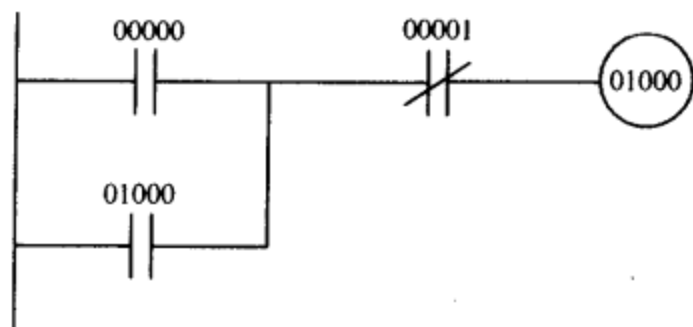


图 5-21 启停带自锁开关的梯形图

化,并不表示实际电路情况。如果开关 00000(外部的)被按下,梯形图中常开触点 00000 变为闭合,线圈 01000 通过触点 00000 和 00001 与母线相通,01000 号继电器因得电而吸合。继电器的常开触点 01000 也因此闭合,当开关 00000 被放开时,由于 01000 号常开触点已经闭合而使 01000 号继电器维持吸合(自锁)。直到开关 00001(外部)被按下(梯形图中常闭触点 00001 断开),线圈 01000 失电才能使 01000 号继电器释放。

通过上面例子的分析,可以看出用 PLC 设计控制方案可以在硬件接线方式完全不变的情况下,用设计控制线路的方法绘制梯形图然后编程。用数据的变化来模拟梯形图的逻辑状态,从而实现用同一种硬件(指 PLC)和同样的接线方式构造各种各样的逻辑控制。因为梯形图和 PLC 源程序的关系是一一对应的,所以只要能够看懂继电器控制线路的人都能轻易地绘制梯形图,并根据一一对应的原则写出 PLC 源程序。这一点正是不懂计算机控制的人也能利用 PLC 编出优秀的控制程序的原因。

二、如何绘制梯形图

绘制梯形图时,一般应遵循以下几条原则。

(1)画梯形图时,应从上至下、从左至右进行。先在最左边画一长条竖线,称为母线,这条线相当于控制线路图中的电源母线,从母线向右边画逻辑线和各种触点元件。与继电器控制线路图不同的是,梯形图不需要最右边的公共母线。

(2)梯形图对于串联或并联触点的数目没有限制,想画多少就可以画多少,每个触点的使用次数也不限制,可以理解为每个软继电器(计数器、定时器)都有无数个可使用的常开触点和常闭触点(它们都使用同一个编号),但不允许两行之间有垂直连接触点。例如如图 5-22(a)为一个桥型电路,它不能直接编程,要转换成图 5-22(b)的形式才可编程。

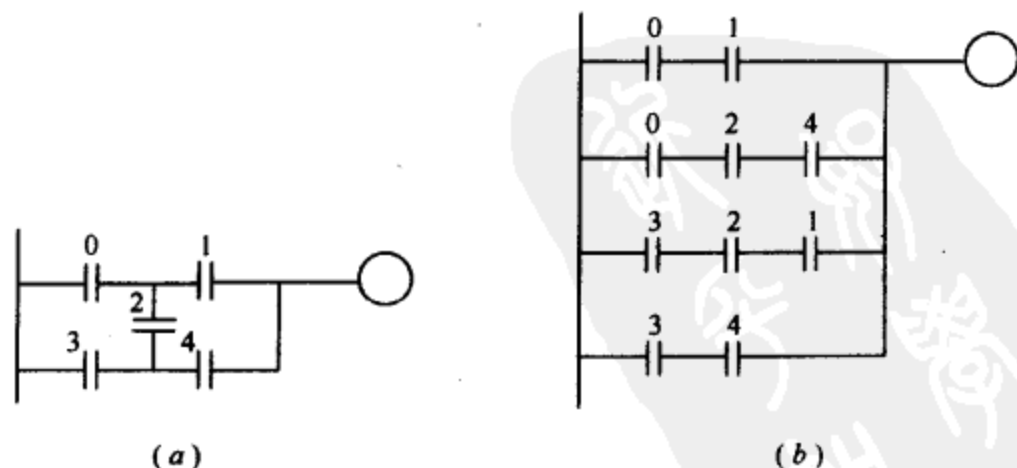


图 5-22 桥型电路及其转化形式

(3)画梯形图时,线圈应放在最右边。图 5-23(a)所示的梯形图是正确的,图5-23(b)则是错误的。

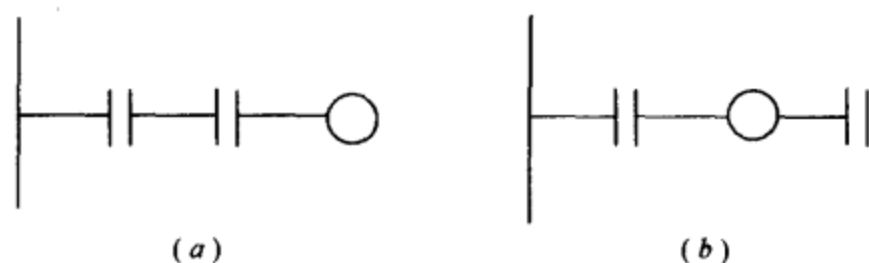


图 5-23 线圈在最右边

(4)除极少数指令(如 END、ILC、JME 等)不允许有执行条件外,几乎所有的指令都需要执行条件。如果需要,可以通过特殊辅助继电器 25313(常 ON 继电器)、25314(常 OFF 继电器)或 25315(在 PC 运行的第一个扫描周期处于 ON 状态,然后处于 OFF 状态)的触点进行连接,如图 5-24 所示。

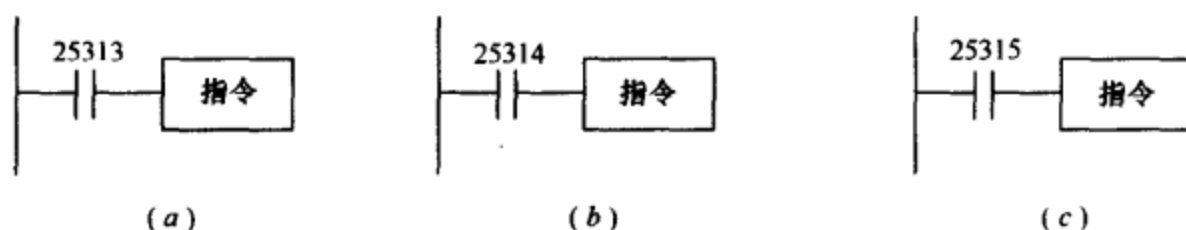


图 5-24 使用特殊辅助继电器连接指令

(5)编程时,对于逻辑关系复杂的程序段,应按照先复杂后简单的原则编程,如图5-25所示。

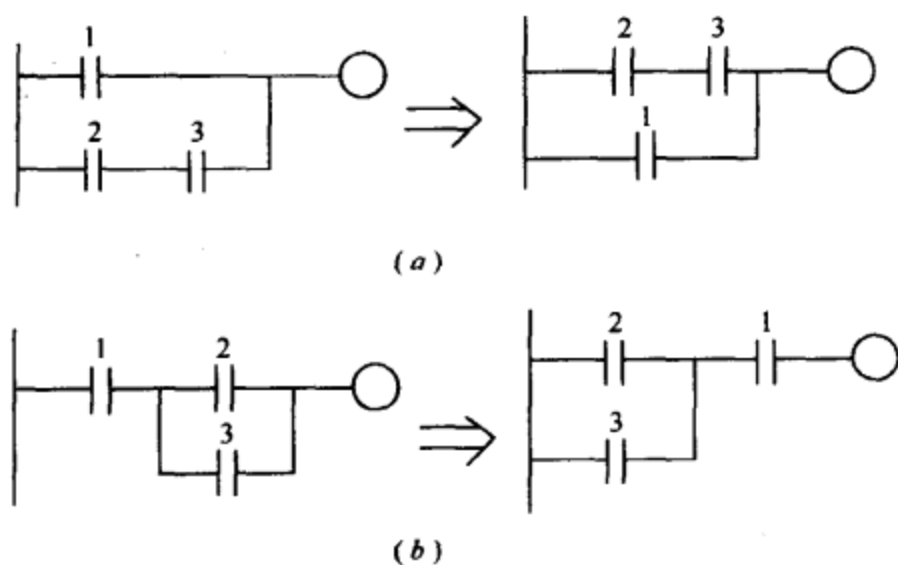


图 5-25 按先复杂后简单画梯形图

对于图 5-25(a)所示的单个触点与触点组并联的电路,应将单个触点放在下面,即采用“上重下轻”的原则。对于图 5-25(b)所示的单个触点与触点组串联的电路,应将触点组放在左边,即采用“左重右轻”的原则。

(6)尽量避免出现双线圈输出。同一个程序中,同一元件的线圈使用了两次或多次,称为双线圈输出。例如,在图 5-26 所示的梯形图中,设 00000 为 ON、00001 为 OFF,在执行第一行程序后 01000 为 ON,执行第二行后为 ON,执行第三行后 01000 为 OFF。因此,在 I/O 刷新阶段,01001 为 ON,01000 为 OFF,但从第二行看,01000 和 01001 的状态应

该一致,这是双线圈输出造成的逻辑混乱。

(7)有些梯形图难以用基本逻辑指令编写语句表时,需要重新安排梯形图。图 5-27 (a)所示的梯形图可改画成图 5-27(b)所示的形式。

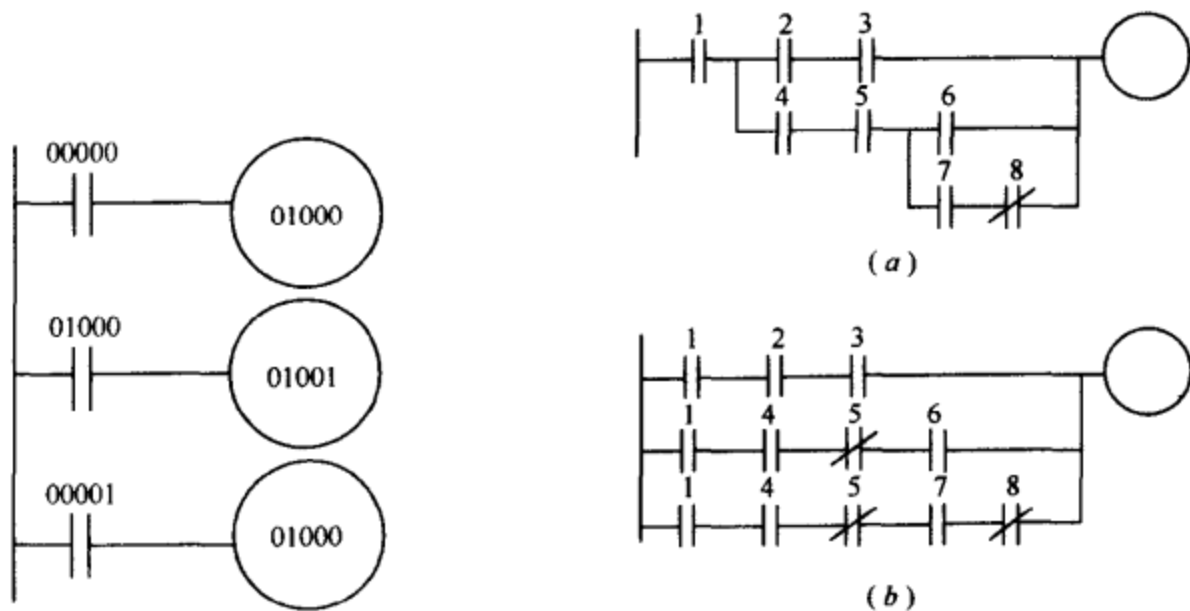


图 5-26 双线圈输出的情况

图 5-27 梯形图的改画

(8)两个或两个以上的线圈可以并联,但不能串联。

第四节 CPM1A 系列PLC 应用指令

CPM1A 系列 PLC 的应用指令有 130 多条,其中有些应用指令是经常用到的,如 IL/ILC、TIM/CNT 等,而有些应用指令则很少用到,本节主要介绍一些常用的应用指令。对于不常用的一些应用指令的使用方法,本章不作具体介绍,有兴趣的读者可参考有关书籍。

一、分支和分支结束指令 IL/ILC

IL 是分支指令,ILC 是分支结束指令,所谓分支,是指一个电路需要经过几个不同触点分别输出的电路。IL/ILC 指令又称为母线转移指令,适用于部分电路离开公共母线编程,否则电路要做重大修改,而且繁琐。IL 指令总是和 ILC 指令一起使用,指令的格式和梯形图如图 5-28 所示。

当 IL 指令的输入条件为 ON(接通)时,IL 和 ILC 指令之间的程序执行。当 IL 指令的输入条件为 OFF(断开)时,IL 和 ILC 指令之间的程序不执行。这两条指令的执行结果不影响标志位。

注意事项 使用 IL/ILC 指令时,应注意以下几点。

- (1)接在分支母线上的触点都用 LD(或 LD NOT)指令。
- (2)IL 和 ILC 指令必须在一段程序的首尾。
- (3)IL 和 ILC 指令可以成对使用,也可以多个 IL 指令配一个 ILC 指令,但不允许嵌

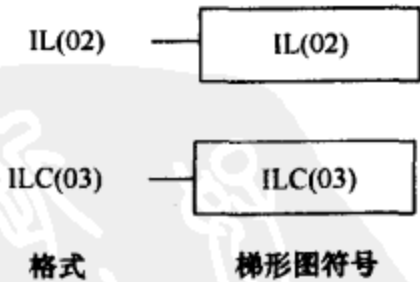


图 5-28 IL 和 ILC 指令的格式和梯形图

套使用。

(4)在 IL 和 ILC 之间程序不执行时,它们之间各内部器件的状态的继电器状态是不同的,即所有 OUT 与 OUT NOT 指令的输出位为 OFF,所有定时器都复位,KEEP 指令的操作位、计数器、移位寄存器以及 SET、RESET 指令的操作位都保持 IL 为 OFF 以前的状态。

(5)不论 IL 的输入条件是 ON 或 OFF,PLC 都要对 IL、ILC 之间的程序段进行扫描,也就是说,都要占用扫描时间。

图 5-29 为使用 IL/ILC 的例子。图 5-29(a)和图 5-29(b)的功能是一样的。

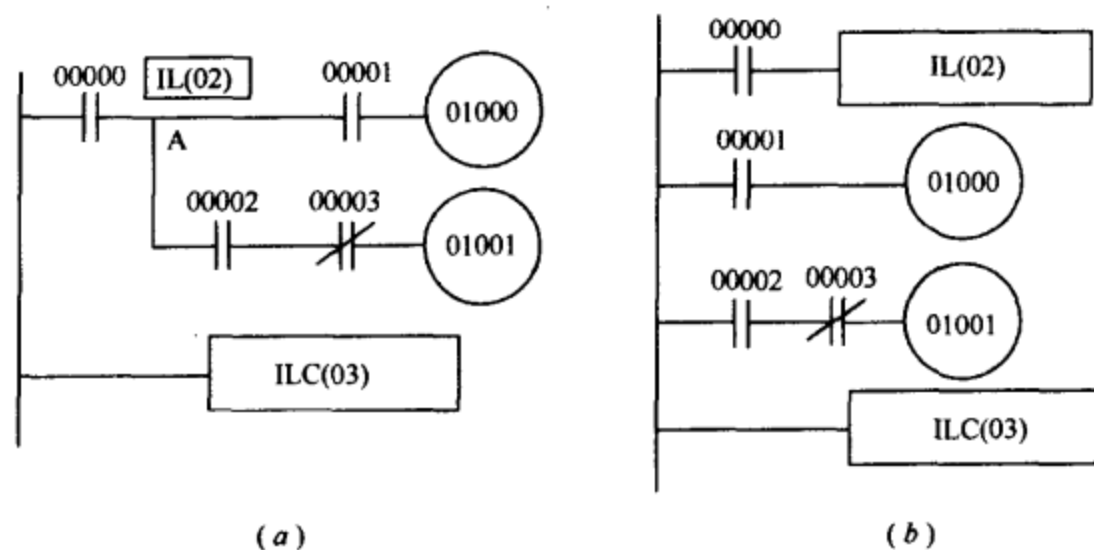


图 5-29 指令举例 11

指令语句程序如下:

```
LD      00000
IL(02)
LD      00001
OUT     01000
LD      00002
AND NOT 00003
OUT     01001
ILC(03)
```

图 5-30 为使用两个 IL 指令配用一个 ILC 指令的例子。图 5-30(a)和图 5-30(b)的功能是一样的。

指令语句程序如下:

```
LD      00000
IL(02)
LD      00001
OUT     01000
LD      00002
IL(02)
LD      00003
OUT     01001
```

LD 00004
OUT 01002
ILC(03)

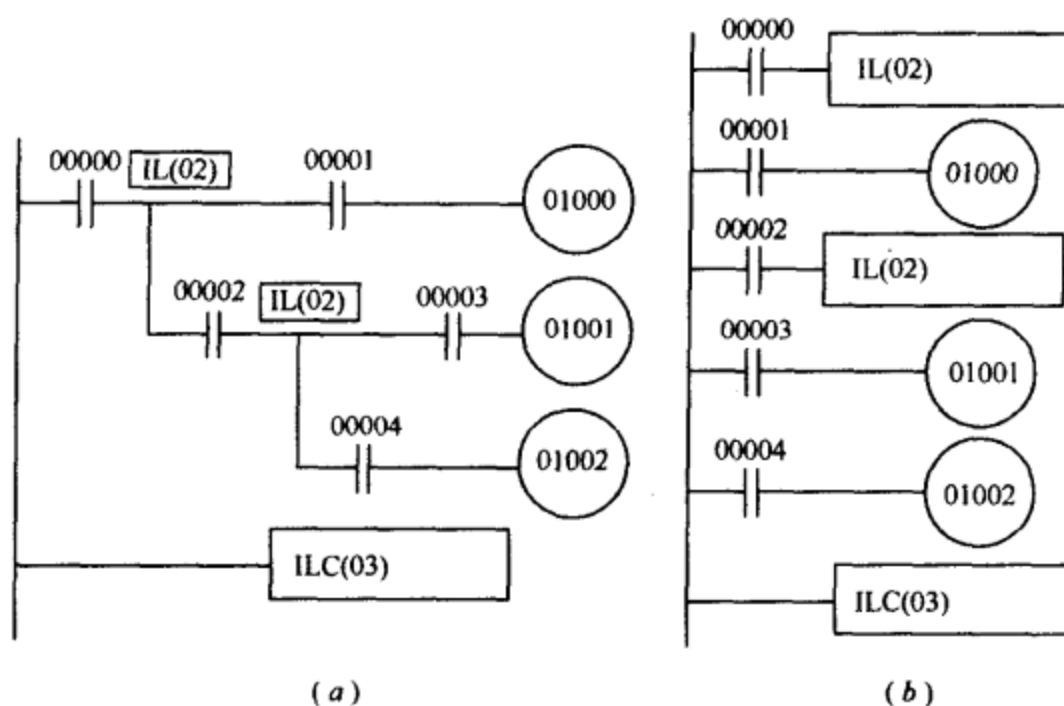


图 5-30 指令举例 12

重点提示 PLC 的梯形图有多种输出形式,归纳起来主要分为三种形式,即并联输出(图 5-31(a))、连续输出(图 5-31(b))和复合输出,(图 5-31(c))。

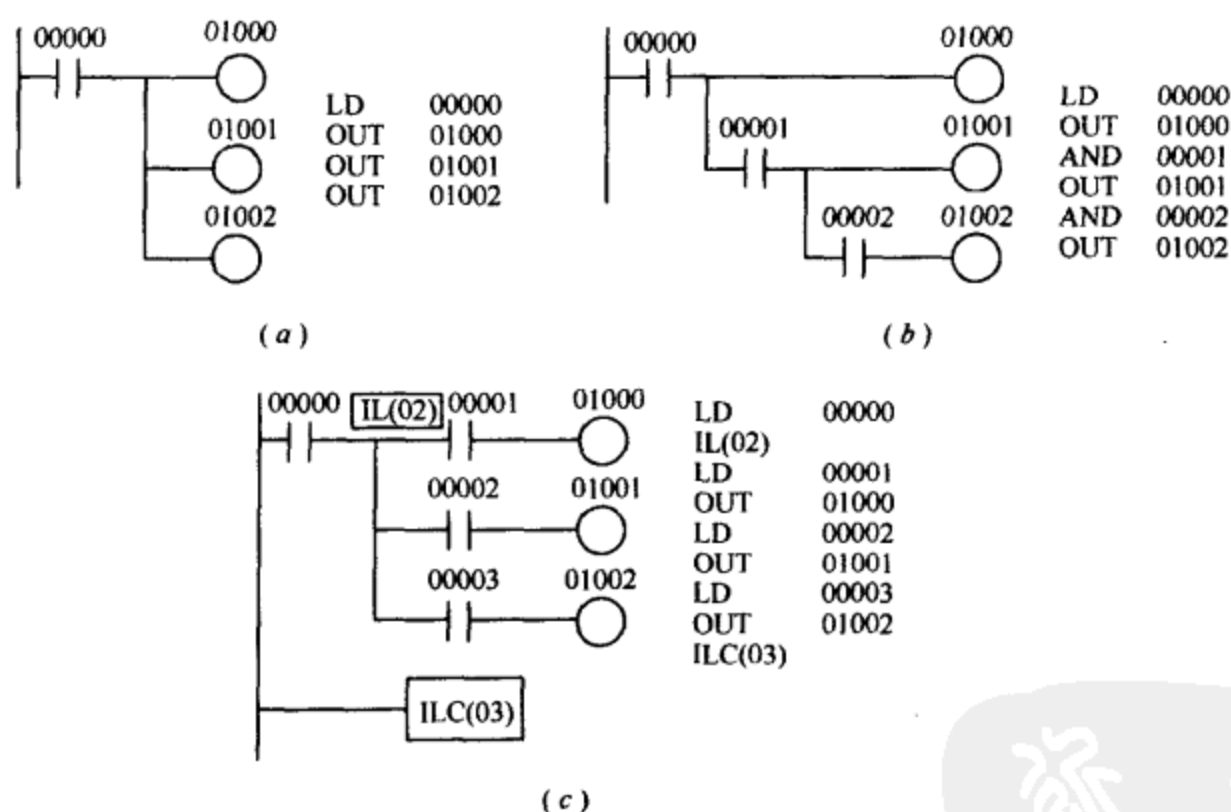


图 5-31 PLC 梯形图的输出形式

二、暂存继电器 TR

暂存继电器 TR 共有 8 位,分别为 TR0~TR7。TR 位可用来暂时存储执行结果,如果一个 TR 位被设置于一个分支点处,则当前的执行结果就会存储在指定的 TR 位中。

在同一程序段中,同一 TR 号不能重复使用,在不同的程序段中,同一 TR 号可以重

复使用。另外,TR 不是独立的编程指令,只能和 LD 或 OUT 等基本指令一起使用指令的梯形图。

图 5-32(a)为使用 TR 暂存器的例子,图 5-32(b)为其等效电路。

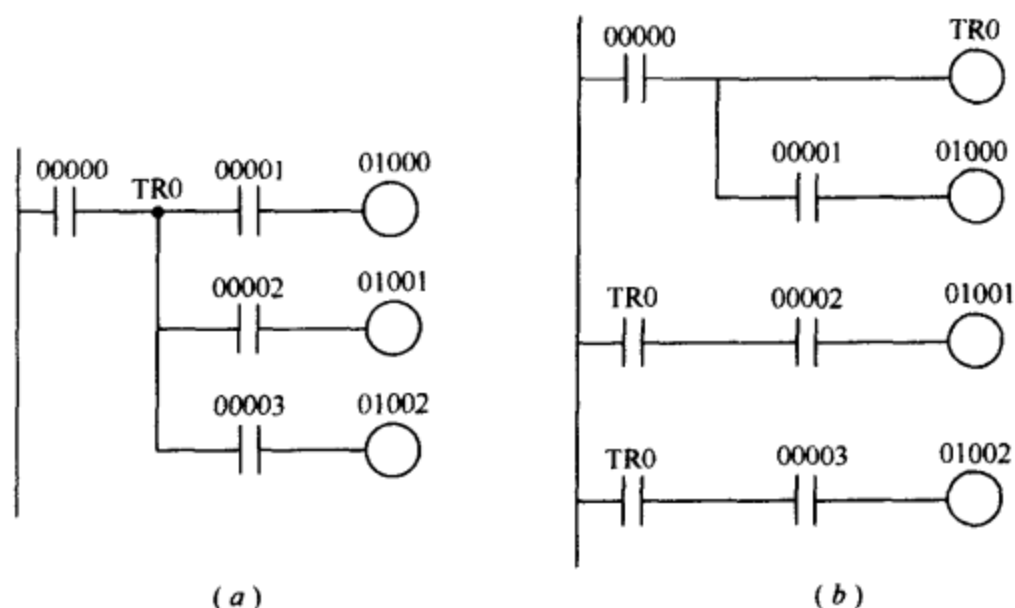


图 5-32 指令举例 13

其指令语句程序如下:

```
LD      00000
OUT     TR0
AND     00001
OUT     01000
LD      TR0
AND     00002
OUT     01001
LD      TR0
AND     00003
OUT     01002
```

图 5-33 为用 TR 处理多分支电路的例子。

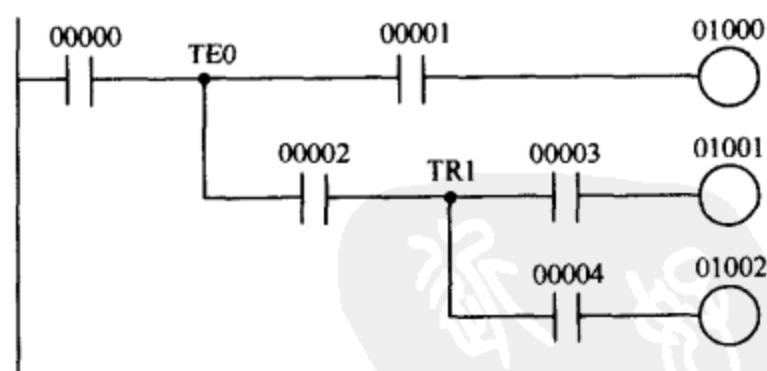


图 5-33 指令举例 14

指令语句程序如下:

```
LD      00000
OUT     TR0
AND     00001
```

```
OUT      01000
LD        TR0
AND      00002
OUT      TR1
AND      00003
OUT      01001
LD        TR1
AND      00004
OUT      01002
```

重点提示 用暂存继电器 TR 和 IL/ILC 指令都可以处理梯形图的分支,但两者又有一定的区别。

TR 用来临时存放某节点状态,用 TR 时,是用 AND 指令连接下一分支触点。指令语句格式如下:

```
LD      ×××
OUT     TR0
AND     ×××
LD      TR0
AND     ×××
```

IL/ILC 是用来造就新母线的工具,用 IL/ILC 时,是用 LD 指令连接下一分支点。指令语句格式如下:

```
LD      ×××
IL(02)
LD      ×××
LD      ×××
ILC(03)
```

三、跳转和跳转结束指令 JMP/JME

跳转和跳转结束指令 JMP/JME 是程序控制指令,必须成对使用,在条件满足时,依次执行 JMP 和 JME 之间的程序,反之,则跳过该段程序不执行。

跳转和跳转结束指令 JMP/JME 的格式和梯形图符号如图 5-34 所示。

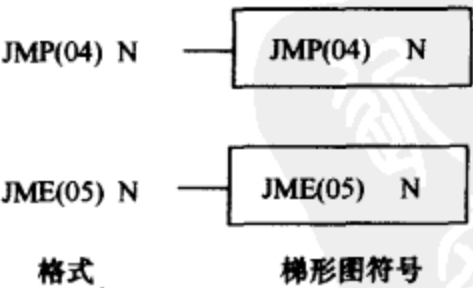


图 5-34 JMP/JME 的格式和梯形图符号

图中 N 为跳转号,其范围为 00~49。当 JMP 的执行条件为 ON 时,执行 JMP 和 JME 之间的程序,当 JMP 的执行条件为 OFF 时,跳过 JMP 和 JME 之间的程序,转而执

行 JME 之后的程序。指令的执行结果不影响标志位。

重点提示

- (1)当 JMP N 的执行条件为 OFF 时,跳过 JMP N 和 JME N 之间的程序段,不占扫描时间。
- (2)有两种类型的跳转:跳转号 N 在 01~49 之间取值时,每个 N 只能使用一次;当 N 取 00 值时,JMP00--JME00 可以在程序中多次使用。以 00 作为 JMP 的跳转号时,它的执行时间比其他跳转指令的执行时间要稍长一些。
- (3)多个 JMP N 可以共用一个 JME N,如 JMP 00—JMP 00—JME 00。
- (4)跳转指令可以嵌套使用,但必须是不同跳转号的嵌套,如 JMP 00—JMP 01—JME 01—JME00。

图 5-35 为使用跳转指令的例子。

指令语句程序如下:

```
LD      00000
JMP(04) 00
LD      00001
OUT     01000
AND     00002
OUT     01100
JME(05) 00
LD      00003
OUT     01004
```

00000 是 JMP00 的执行条件。当 00000 为 OFF 时,JMP 00 到 JME 00 之间的程序不执行,而转去执行 JME00 之后的程序,这时 01000 和 01100 保持跳转前的状态。例如,若跳转前 01000 为 OFF,则跳转期间也为 OFF,即使 00001 为 ON;当 00000 变为 ON 时,JMP 00 到 JME 00 之间的程序才被执行。

在两段程序的切换时,常用到跳转指令。例如图 5-36 中,当输入 00000 为 ON 时,执行手动程序而不执行自动程序;当 00000 为 OFF 时,跳过手动程序转去执行自动程序,在程序设计时,经常用到 JMP/JME 的这种用法。

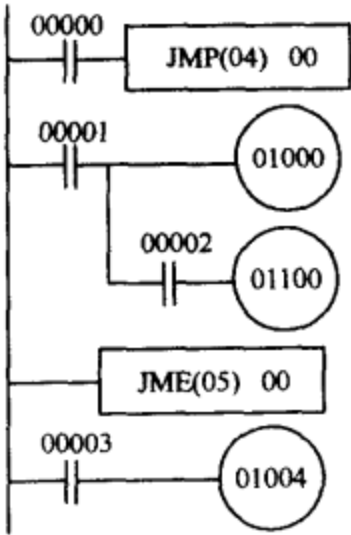


图 5-35 指令举例 15

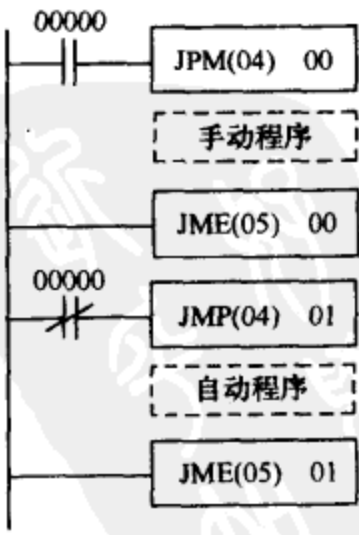


图 5-36 跳转指令的应用

四、定时器/计数器指令

定时器/计数器指令是程序设计时经常使用的指令,定时器和计数器同在一个 TC 区,它们共同使用编号 000~127,所以在同一程序中它们的编号不能重复使用。

当定时器/计数器的设定值为通道时(通道内数据必须是 BCD 数),改变通道内的数据,其设定值即改变。也可以通过外部设备拨码器来改变其设定值。

重点提示 BCD 是英文 Binary Coded Decimal 的缩写,即二进制编码的十进制。其规则是每四个二进制位表示一位十进制位。因此,BCD 的 0001 0001 表示十进制数的 11。为方便区分,本书使用 BCD 数值时前面加#号。

1. 定时器

定时器分为一般定时器和高速定时器两种指令,其格式和梯形图符号如图 5-37 所示。

图中,N 是定时器的 TC 号,范围为 000~127,SV 是定时器的设定值(0000~9999),其范围是:IR(内部继电器)、SR(特殊辅助继电器)、HR(保持继电器)、AR(辅助记忆继电器)、LR(链接继电器)、DM(数字存储区)、*DM(间接寻址)、#××××(常数)。

使用定时器指令时,应注意以下几点。

(1)当扫描时间 $T > 0.1s$ 时,定时器 TIM 会不准确;当 $T > 0.01s$ 时,定时器 TIMH 会不准确。

(2)定时器指令像一个通电延时的时间继电器一样。当输入条件为 ON 时开始工作,TIM 的定时时间为 $SV \times 0.1s$ (最大定时时间为 $9999 \times 0.1s = 999.9s$),TIMH 的定时时间为 $SV \times 0.01s$ (最大定时时间为 $9999 \times 0.01s = 99.99s$)。定时时间到,定时器的输出为 ON 且保持;当输入条件变为 OFF 时,定时器复位,输出变为 OFF,并停止定时,其当前值 PV 恢复为 SV。

图 5-38 为应用 TIM 指令的例子。

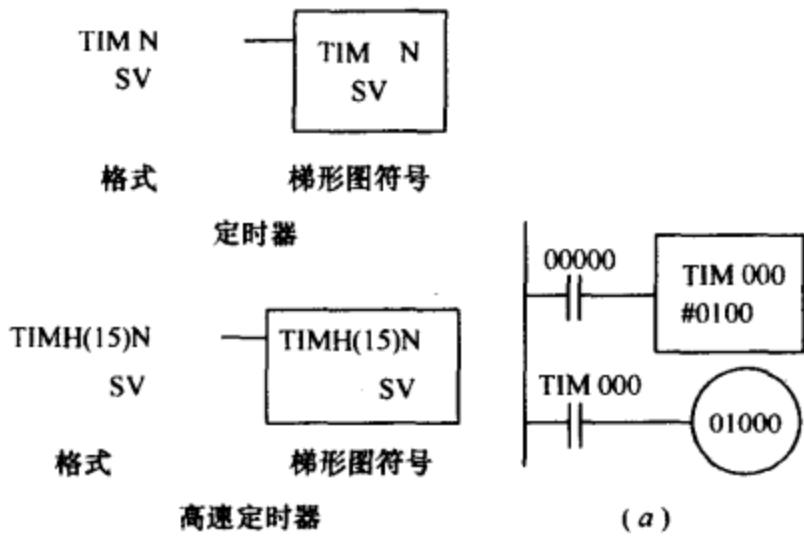


图 5-37 定时器的格式和梯形图符号

指令语句程序如下:

```
LD      00000
TIM     000
```

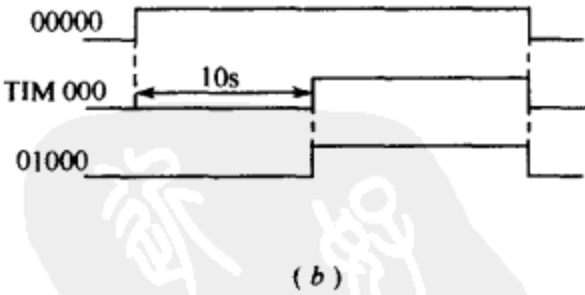


图 5-38 指令举例 16


```

                #0100
LD      TIM000
OUT     01000
    
```

图中,定时器 TIM000 的设定值为 #0100。当 00000 为 OFF 时, TIM000 为复位状态,当前值 PV=0100;自 00000 为 ON 时, TIM000 开始定时,其 PV 值从 0100 开始每隔 0.1s 减去 1,减 100 次(10s)时, PV 值减为 0000,此时 TIM000 输出为 ON,其常开触点闭合,使 01000 为 ON。若 00000 一直为 ON,则 TIM000 的状态也一直保持 ON。若 00000 变为 OFF,则 TIM000 复位, PV 值恢复为设定值 0100, 01000 变为 OFF。

(3) 定时器没有掉电保持功能。断电时,定时器复位,不能保存定时器的当前值。

(4) 一个定时器 TIM 的最大定时时间是 999.9s,但几个定时器连用,则可获得更长的定时时间。

例如,图 5-39 中,用两个通电延时 10s 的定时器进行的连接,即用 TIM000 的常开触点作为定时器 TIM001 的执行条件,就可以实现定时器容量的扩展,总的定时时间为两个定时器 SV 值的和(10s+10s=20s)。

(5) 虽然定时器是接通延时 ON 型的定时器,但经过编程,可以实现接通延时 OFF、断开延时 ON、断开延时 OFF 的功能。

例如,图 5-40 中,从 00000 为 ON 开始, 01000 经过 10s 被接通(接通延时 ON),而 01001 则是经过 10s 被断开(接通延时 OFF)。配合其他指令,还可以用 TIM 指令编写出断开延时 ON 或断开延时 OFF 的定时控制的程序,这里不再一一介绍。

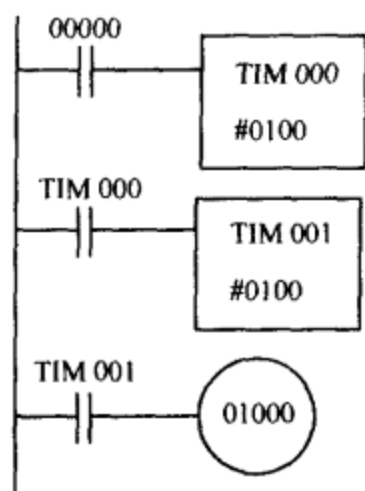


图 5-39 指令举例 17

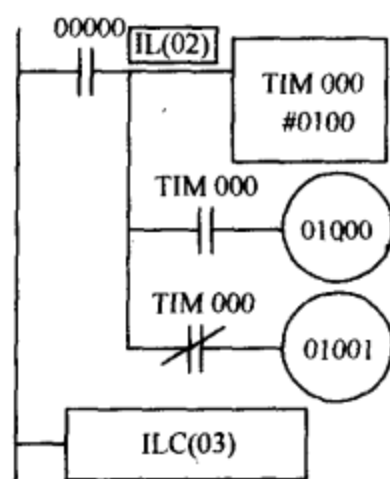


图 5-40 指令举例 18

图 5-40 所示梯形图的指令语句程序如下:

```

LD      00000
IL(02)
TIM     000
        #0100
LD      TIM000
OUT     01000
LD NOT  TIM000
OUT     01001
    
```

ILC(03)

(6) 定时器指令和下面将要介绍的计数器指令的编号不能重复使用, 因为两者共同占有 000~127 编号。

(7) 当 SV 不是 BCD 数时或间接寻址 DM 不存在时, 25503 为 ON。

2. 计数器

计数器分为减法计数器和可逆计数器两种指令。其格式和梯形图符号如图 5-41 所示。

图中, N 是计数器的 TC 号, 范围为 000~127, SV 是计数器的设定值(0000~9999), 其范围是: IR(内部继电器)、SR(特殊辅助继电器)、HR(保持继电器)、AR(辅助记忆继电器)、LR(链接继电器)、DM(数字存储区)、*DM(间接寻址)、#××××(常数)。

1) 减法计数器

对于减法计数器, 从 CP 端输入计数脉冲, 当计数满设定值时, 其输出为 ON 且保持, 并停止计数。只要复位端 R 为 ON, 计数器即复位为 OFF 并停止记数, 且当前值 PV 恢复为 SV。计数器有掉电保持功能。

图 5-42 为 CNT 指令应用的例子。

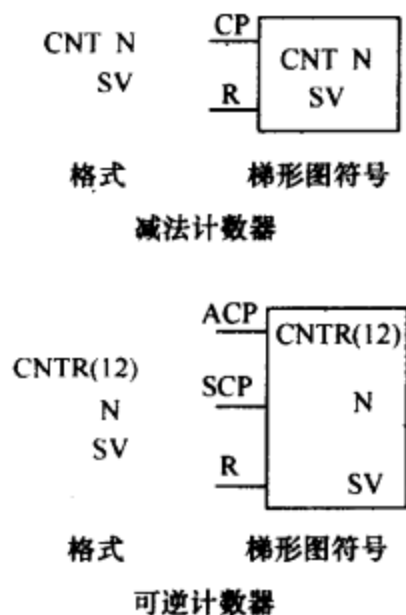


图 5-41 计数器的格式和梯形图符号

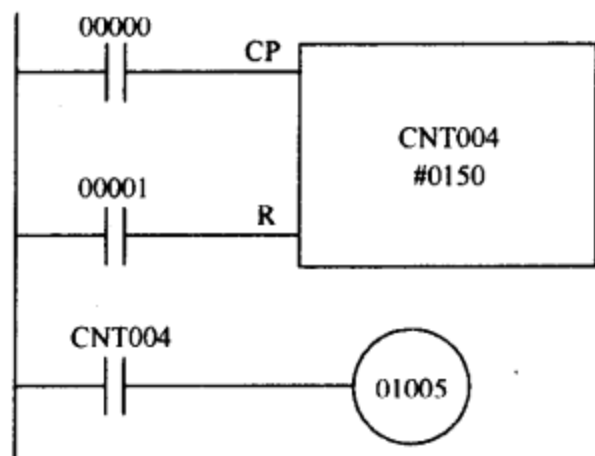


图 5-42 指令举例 19

指令语句程序如下:

```
LD    00000
LD    00001
CNT    004
      #0150
LD    CNT004
OUT    01005
```

图中, CNT004 的设定值为 150, 当复位端 00001 为 ON 时, 计数器处于复位状态, CNT004 输出为 OFF。当复位端由 ON 变为 OFF 后计数器开始计数。其计数过程为: 每当 00000 从 OFF→ON→OFF 一次(一个脉冲), CNT004 的当前值就减 1。在 PV 值减到 0000 时, 也即计满 150 个脉冲时停止计数, 此时 CNT004 的输出变为 ON 且保持, 其常开

触点闭合,使 01005 为 ON 且保持。若在计数过程中或在计满数以后,00001 由 OFF 变为 ON,则计数器立即复位并停止计数。由于计数器 CNT004 复位,01005 也变为 OFF。

重点提示 如果把图 5-42 中的 00000 换成 25500(产生 0.1s 脉冲)、25501(产生 0.2s 脉冲)或 25502(产生 1s 脉冲),则计数器又可以当定时器使用。例如,若选用 25502(产生 1s 脉冲),SV 为 #0150,当计数器计满 150 时,其计数过程所用的时间刚好是 150s。由于计数器有掉电保持功能,所以用计数器作成的定时器也有掉电保持功能。

另外,用一个计数器的常开触点作为另一个计数器的计数输入,即两个计数器连用,可以实现计数器容量的扩展,总的计数器容量为两个计数器 SV 值的乘积,如图 5-43 所示。图中,用 25315(PLC 上电后的第一个扫描周期为 ON)对两个计数器进行初始复位,计数过程中 CNT000 能自复位。

2)可逆计数器

对于可逆计数器,只要复位 R 端为 ON,计数器即复位为 OFF 并停止记数,且不论加计数还是减计数,其 PV 均为 0。从 ACP 端输入计数脉冲为加计数;从 SCP 端输入计数脉冲为减计数;加/减计数有进/借位时,输出 ON 一个计数脉冲周期。从 ACP 端和 SCP 端同时输入计数脉冲则不计数。可逆计数器也具有掉电保持功能。

图 5-44 为可逆计数器应用的例子。

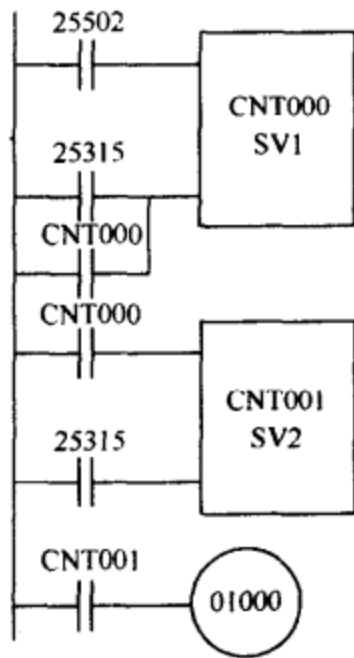


图 5-43 指令举例 20

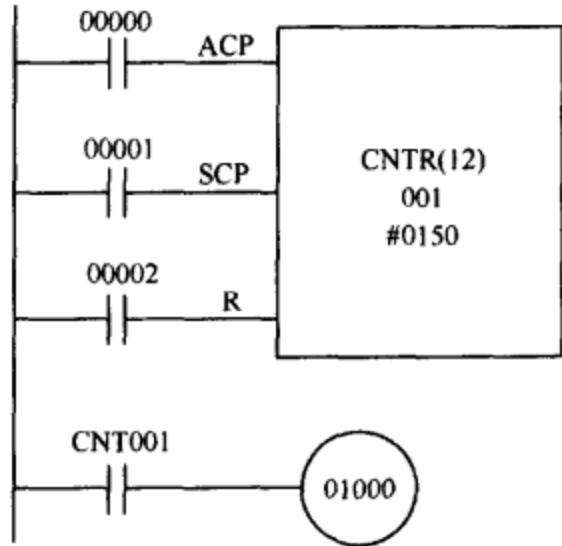


图 5-44 指令举例 21

指令语句程序如下:

```
LD      00000
LD      00001
LD      00002
CNTR(12) 001
          #0150
LD      CNT001
OUT     010000
```

当复位端 00002 为 ON 时 CNTR 001 复位,当前值变为 0000,此时既不进行加计数,

也不进行减计数。当 00002 变为 OFF 时计数器开始计数,其计数过程是:

若 00001 为 OFF,并且由 00000 输入计数脉冲时为加计数器。00000 每输入一个计数脉冲,CNTR 001 的当前值加 1。当 PV=0100 时,再输入一个计数脉冲时,PV 值变为 0000(有进位),同时 CNTR001 的输出变为 ON。若再来一个计数脉冲时,PV=1,CNTR 001 的输出变为 OFF,且开始下一个循环的计数。

若 00000 为 OFF,并且由 00001 输入计数脉冲时为减计数器。000001 每输入一个计数脉冲,CNTR001 的当前值减 1,当 PV=0000 时,再输入一个计数脉冲时,PV 变为 0150(有借位),同时 CNTR001 的输出变为 ON。若再来一个计数脉冲时,PV=149,且 CNTR001 的输出变为 OFF,并开始下一个循环的计数。

若 00000 和 00001 同时输入计数脉冲时,计数器不计数。

可逆计数器的具有循环定时功能。例如,图 5-45 中,SCP 端以 25314(常 OFF)作为输入条件,所以 CNTR000 作为加计数器使用。ACP 端以 25502 与 20000 的串联作为输入条件,由 25502 产生的秒脉冲作为计数脉冲输入,此时计数器可作为定时器使用。R 端以 00001 与 25315 的并联作为复位条件,使 CNTR000 在 PLC 上电后的第一个扫描周期被复位。

指令语句程序如下:

```
LD      00000
OR      20000
OUT     20000
LD      25502
AND     20000
LD      25314
LD      00001
OR      25315
CNTR(12) 000
        #0150
LD      CNT000
OUT     01000
```

和减法计数器一样,循环计数器容量的也可以扩展。例如,在图 5-46 中,CNTR000 的常开触点连到 CNT001 的计数脉冲输入端,就可以构成大容量的循环计数器。

重点提示 CNT 和 CNTR 指令的主要区别是:当计数器 CNT 达到设定值后,只要不复位,即使计数脉冲仍在输入,其输出就一直为 ON。计数器 CNTR 达到设定值后,其输出为 ON,只要不复位,在下一个计数脉冲到来时,计数器 CNTR 立即变为 OFF,且开始新一轮计数,即 CNTR 是个循环计数器。

五、数据比较指令

数据比较指令主要有单字节比较指令、双字节比较指令、块比较指令和表比较指令等几种,下面主要以单字节比较指令为例进行介绍。单字节比较指令的格式和梯形图符号如图 5-47 所示。

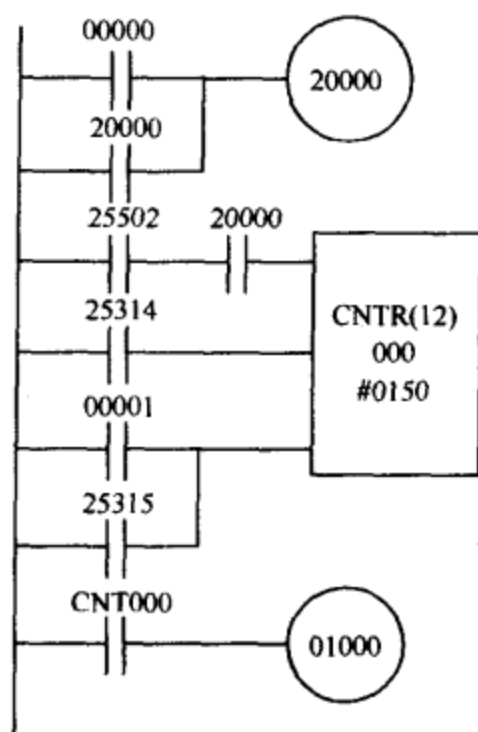


图 5-45 指令举例 22

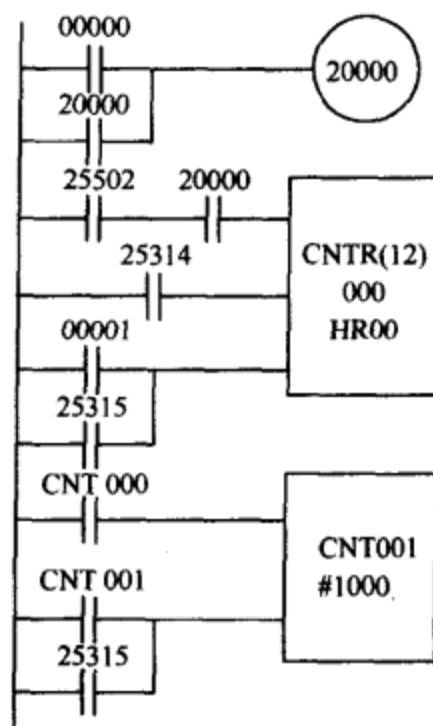
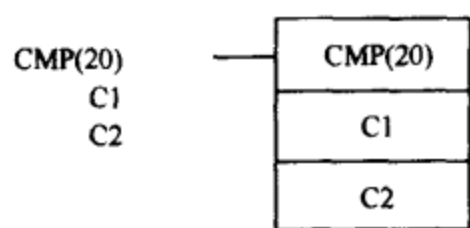


图 5-46 指令举例 23

图中,C1 是比较数 1,C2 是比较数 2,C1、C2 的范围是:IR(内部继电器)、SR(特殊辅助继电器)、HR(保持继电器)、AR(辅助记忆继电器)、LR(链接继电器)、TC(定时器/计数器)、DM(数字存储区)、*DM(间接寻址)、#××××(常数)。

当执行条件为 ON 时,比较 C1 和 C2 的大小,将比较结果送 SR(特殊辅助继电器)的标志位:当 $C1 > C2$ 时,标志位 25505 为 ON;当 $C1 = C2$ 时,标志位 25506 为 ON;当 $C1 < C2$ 时,标志位 25507 为 ON;当间接寻址 DM 通道不存在时,出错标志位 25503 为 ON。

单字节比较指令应用的例子如图 5-48 所示。



格式 梯形图符号

图 5-47 单字节比较指令的
格式和梯形图符号

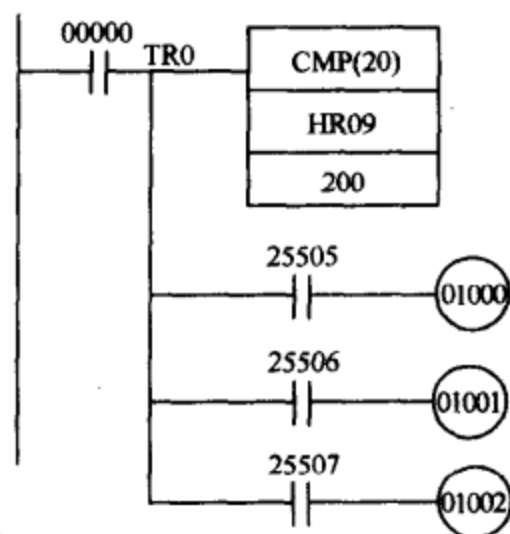


图 5-48 指令举例 24

指令语句程序如下:

```
LD      00000
OUT     TR0
CMP(20)
        HR09
```

	200
LD	TR0
AND	25505
OUT	01000
LD	TR0
AND	25506
OUT	01001
LD	TR0
AND	25507
OUT	01002

在 00000 为 ON 时,执行 CMP 指令,将 HR09 通道内的值与 200 通道内的值进行比较。若 HR09 内的当前值大于 200 内的值,25505、01000 为 ON;若 HR09 内的当前值等于 200 内的值,25506、01001 为 ON;若 HR09 内的当前值小于 200 内的值,25507、01002 为 ON。

重点提示 在执行条件为 ON 时,如果希望 CMP 指令只执行一次,可以使用 DIFU 或 DIFD 微分指令。例如图 5-49 中,当 00000 由 ON 变为 OFF 时(下降沿),2000 接通一个扫描周期,在此扫描周期内 CMP 指令执行,此后,即使 00000 仍为 ON,CMP 指令也不执行。

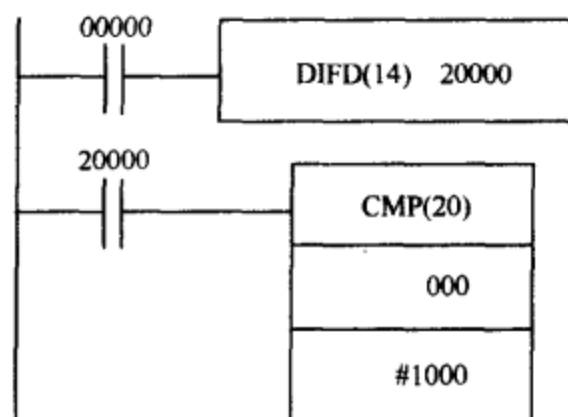


图 5-49 指令举例 25

六、数据传送指令

数据传送指令主要有传送指令、取反传送指令、块传送指令、块设置指令、位传送指令、数字传送指令、单字分配指令、数据交换指令、数据调用指令等多种,下面主要以传送指令、和取反传送指令为例进行介绍。传送指令和取反传送指令的格式和梯形图符号如图 5-50 所示。

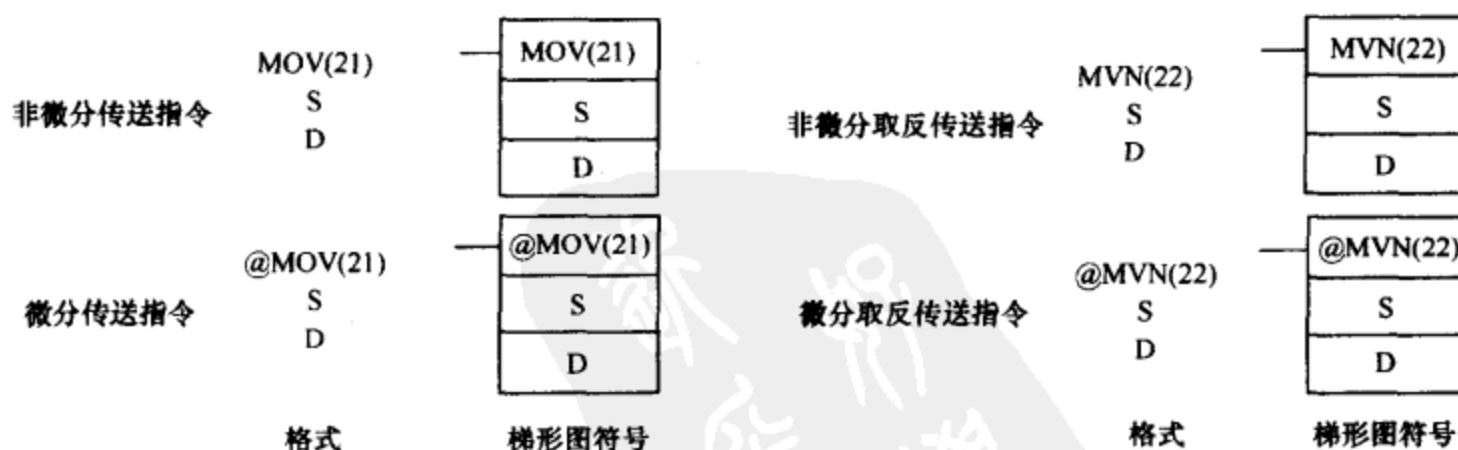


图 5-50 传送指令和取反传送指令的格式和梯形图符号

图中,S 是源数据,其范围是:IR(内部继电器)、SR(特殊辅助继电器)、HR(保持继电器)、AR(辅助记忆继电器)、LR(链接继电器)、TC(定时器/计数器)、DM(数字存储区)、

·DM(间接寻址)、#××××(常数)。

D是目的数据,其范围是:IR(内部继电器)、SR(特殊辅助继电器)、HR(保持继电器)、AR(辅助记忆继电器)、LR(链接继电器)、DM(数字存储区)、·DM(间接寻址)。

MOV 和@MOV 是传送指令,当执行条件为 ON 时,将源数据 S 送到通道 D 中。

MVN 和@MVN 是取反传送指令,当执行条件为 ON 时,将源数据 S 按位取反后送到通道 D 中。

重点提示 执行传送指令和取反传送介绍指令将影响标志位,具体情况是:当间接寻址 DM 通道不存在时,25503 为 ON,另外,执行指令后,若 D 中数据为 0000,25506 为 ON。

图 5-51 为使用 MOV 指令的例子。

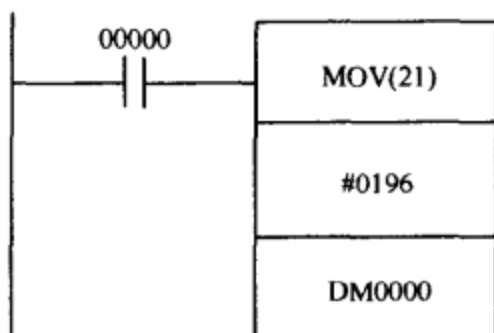


图 5-51 指令举例 26

指令语句程序如下:

```
LD      00000
MOV(21)
        #0196
        DM0000
```

从图中可以看出,当 00000 为 ON 时,执行 MOV 指令,将常数 0196 送至 DM0000。如果 00000 一直为 ON,每个扫描周期 MOV 指令都执行。

图 5-52 为使用 MOV 指令修改定时器设定值的梯形图。当 00000 为 ON、00001 为 OFF 时,执行一次 MOV 指令,将常数 0100 传送到 LR00 中,所以 TIM 000 的设定值为 10s,并开始定时。定时时间到,TIM000 的输出变为 ON,01000 也变为 ON。

当需要改变定时器的定时值时,可令 00000 为 OFF、00001 为 ON,执行一次 MOV 指令,将常数 0200 传送到 LR00 中,于是 TIM000 的设定值就变为 20s。

根据以上分析可知,当 TIM 用通道设置其设定值时,在程序执行过程中可以改变其设定值。

七、数据移位指令

数据移位指令主要有移位寄存器指令、可逆移位寄存器指令、字移位指令、算术左移指令、算术右移指令、循环左移指令、循环右移指令、1 位数字左移指令、1 位数字右移指令、异步移位寄存器指令等几种。下面主要以移位寄存器指令和可逆移位寄存器指令为例进行介绍。

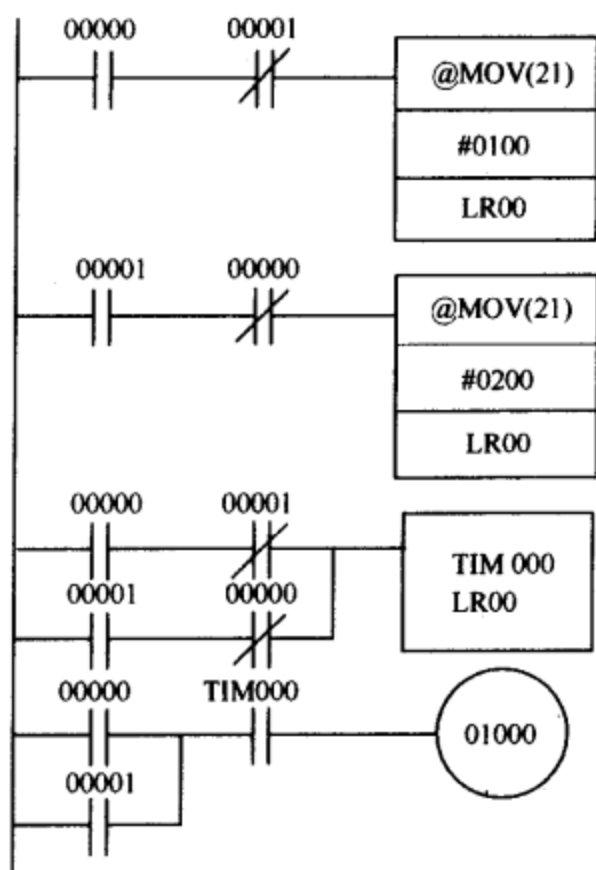


图 5-52 指令举例 27

1. 移位寄存器指令

移位寄存器指令的格式和梯形图符号如图 5-53 所示。

IN 是数据输入端,SP 是移位脉冲输入端,R 是复位端。

St 是移位的开始通道号,E 是移位的结束通道号,St 和 E 的范围是:IR(内部继电器)、SR(特殊辅助继电器)、HR(保持继电器)、AR(辅助记忆继电器)、LR(链接继电器)。St 和 E 必须要在同一区域,且 $St \leq E$ 。

当复位端 R 为 OFF 时,在 SP 端的每个移位脉冲的上升沿时刻,St 到 E 通道中的所有数据按位依次左移一位。E 通道中数据的最高位溢出丢失,St 通道中的最低位则移进 IN 端的数据(图 5-54),SP 端没有移位脉冲则不移位;当复位端 R 为 ON 时,St 到 E 所有通道均复位为零,且移位指令不执行。执行该指令不影响标志位。

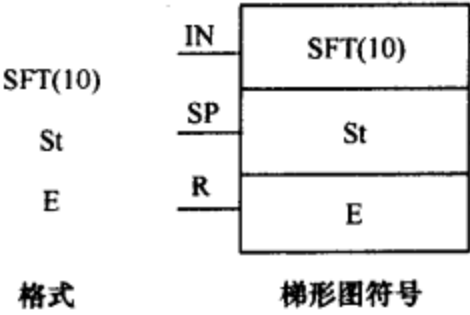


图 5-53 移位寄存器指令的格式和梯形图符号

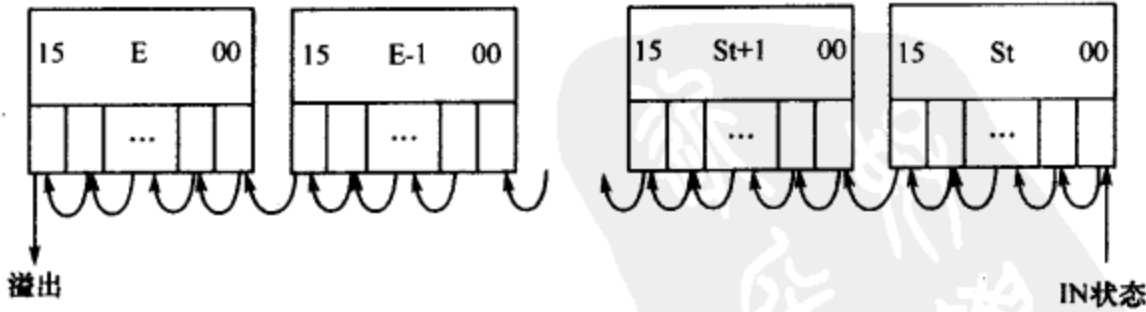


图 5-54 SFT 指令功能示意图

图 5-55 为使用 SFT 指令的例子。

SFT 指令的首通道和末通道都是 200,说明移位是在 200 通道内进行。25502 产生

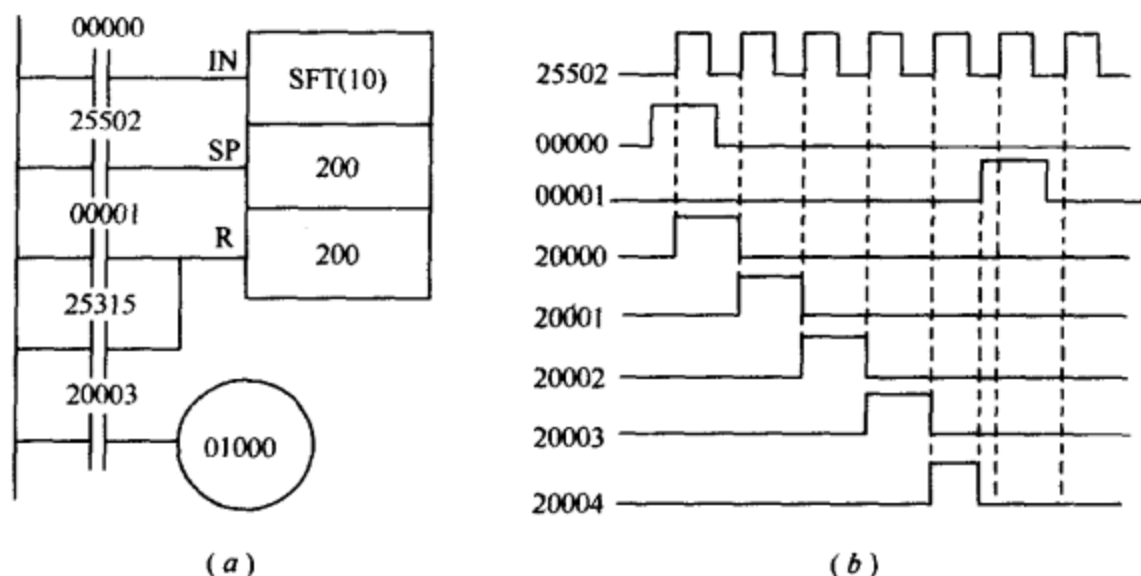


图 5-55 指令举例 28

的秒脉冲作为移位脉冲,00000 的 ON、OFF 状态作为输入数据。在 PLC 上电后的第一个扫描周期由 25315 对移位寄存器进行复位。在移位过程中,只要 00001 为 ON,移位寄存器即复位。下面结合图 5-55(b)的工作波形说明执行 SFT 指令的移位过程。

PLC 上电之初,200 通道内各位均为 OFF。当 00001 为 OFF 后,在 SP 端输入的第一个移位脉冲前沿时刻,00000 的 ON 状态移入 20000,使 20000 变为 ON,20000 原来的 OFF 态移入 20001,以下类推。在第二个移位脉冲前沿时刻,由于 00000 已为 OFF,所以 20000 为 OFF,而 20000 原来的 ON 状态移入 20001,以下类推。在第四个移位脉冲前沿时刻 20003 变为 ON,使 01000 为 ON。在第五个移位脉冲时 20003 为 OFF,01000 也变为 OFF。在第六个移位脉冲到来之前 00001 为 ON,将 200 通道全部复位。

指令语句程序如下:

```
LD      00000
LD      25502
LD      00001
OR      25315
SFT(10) 200
        200
LD      20003
OUT     01000
```

图 5-56 为 SFT 指令的另一种用法。数据输入端接的是 25314(常 OFF),移位数据是通过@MOV 指令传送的。在 00000 由 OFF 变为 ON 时刻执行一次@MOV 指令,将数据 #0001 传送到 201 通道中去,使 20100 为 ON,其余位均为 OFF。对应每一个移位脉冲,20100 的 ON 状态依次向高位移动。

指令语句程序如下:

```
LD      00000
MOV(21)
```

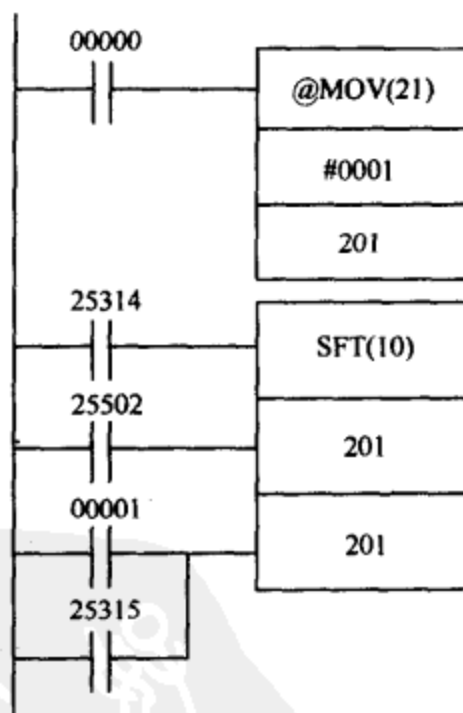


图 5-56 指令举例 29

#0001
201
LD 25314
LD 25502
LD 00001
OR 25315
SFT(10)
201
201

2. 可逆移位寄存器指令

可逆移位寄存器指令的格式和梯形图符号如图 5-57 所示。

C 是控制通道号,其范围是:IR(内部继电器)、SR(特殊辅助继电器)、HR(保持继电器)、AR(辅助记忆继电器)、LR(链接继电器)、DM(数字存储区)、* DM(间接寻址)。控制通道 C 的含义及移位功能如图 5-58 所示。

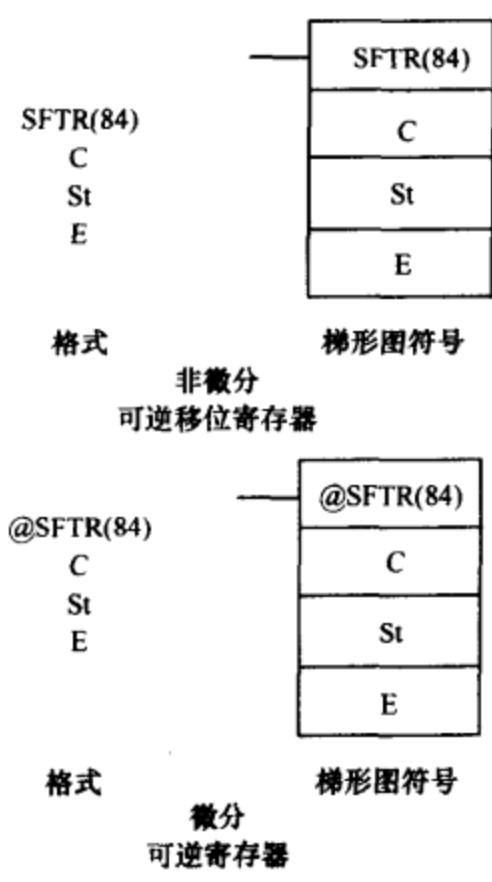


图 5-57 可逆移位寄存器指令的格式和梯形图符号

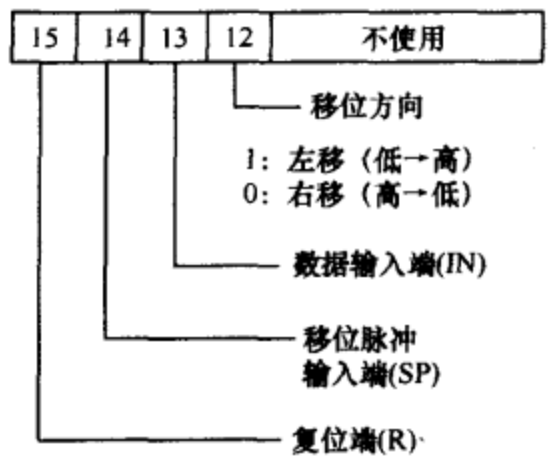


图 5-58 控制通道 C 的含义及移位功能

St 是移位的开始通道号,E 是移位的结束通道号,St 和 E 的范围是:IR(内部继电器)、SR(特殊辅助继电器)、HR(保持继电器)、AR(辅助记忆继电器)、LR(链接继电器)、DM(数字存储区)、* DM(间接寻址)。St 和 E 必须在同一区域,且 $St \leq E$ 。

在执行条件为 ON 时,SFTR/@SFTR 指令执行。其功能为:

- (1)控制通道 C 的 bit15 为 1 时,St 到 E 通道中的所有数据及进位位 CY 全部清为 0,且不接收输入数据。
- (2)控制通道 C 的 bit15 为 0 时,在移位脉冲的作用下,根据通道 C 的 bit12 的状态

(为 1 时左移, 为 0 时右移)进行左移或右移。

左移 从 St 到 E 通道的所有数据, 每个扫描周期按位依次左移一位, C 的 bit13 的数据移入开始通道 St 的最低位中, 结束通道 E 最高位的数据移入进位位 CY 中。

右移 从 E 到 St 通道的所有数据, 每个扫描周期按位依次右移一位, C 的 bit13 的数据移入结束通道 E 的最高位中, 开始通道 St 最低位的数据移入进位位 CY 中。

在执行条件为 OFF 时停止工作, 此时复位信号若为 ON, St 到 E 通道中的数据及进位位 CY 也保持原状态不变。

移位溢出的位进入 25504。

(3) 下列情况下, 25503 为 ON。

① St 和 E 不在同一个区域。

② $St > E$ 。

③ 间接寻址 DM 通道不存在。

图 5-59 为使用 SFTR 指令的例子。

指令语句程序如下:

```
LD      00000
OUT     20012
LD      00001
OUT     20013
LD      00002
OUT     20013
LD      00002
DIFU(13) 20100
LD      20100
OUT     20014
LD      00003
OUT     20015
LD      00004
SFTR(84)
          200
          LR10
          LR11
```

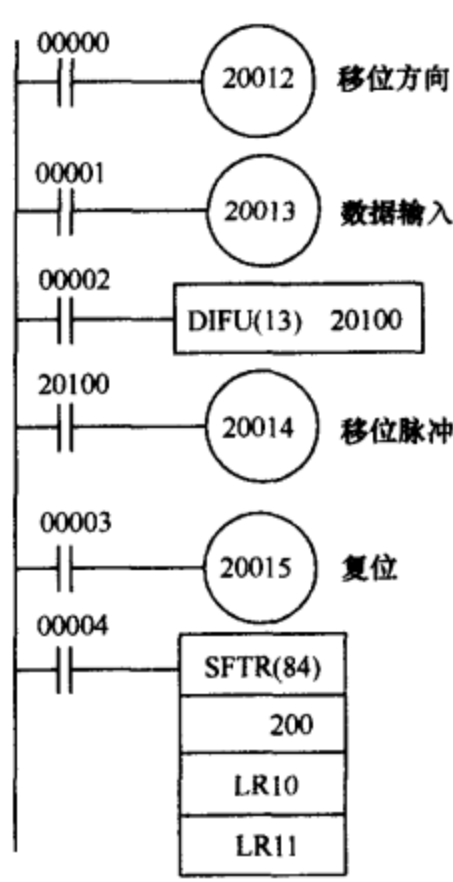


图 5-59 指令举例 30

图中 00004 是 SFTR 指令的执行条件, 200 是控制通道, LR10~LR11 组成可逆移位寄存器。当 00004 为 ON 时, SFTR 指令执行移位操作; 当 00004 为 OFF 时, SFTR 指令不执行, 此时控制通道的控制位不起作用, LR10~LR11 及 CY 位的数据保持不变。

控制通道 200 的 bit12~bit15 的状态是由 00000~00003 控制的, 其作用是:

若 00000 为 ON, 则 20012 为 1, 执行左移位操作; 若 00000 为 OFF, 则 20012 为 0, 执行右移位操作。

若 00001 为 ON, 则 20013 为 1, 即输入数据为 1; 若 00001 为 OFF, 则 20013 为 0, 即输入数据为 0。

此处以 00002 的微分信号作为移位脉冲。每当 00002 由 OFF 变为 ON 时, 20100 和 20014 都会 ON 一个扫描周期, 由此形成移位脉冲。如果直接以 00002 作为移位脉冲, 当

00002 为 ON 时,每个扫描周期都要执行一次移位,将造成移位失控。

若 00003 为 ON,则 20015 为 ON,可逆移位寄存器 LR10~LR11 及 CY 位清 0,若 00003 为 OFF,则 20015 为 OFF,此时根据 20012 的状态将执行左移或右移操作。

当 20015 为 OFF,00004 为 ON,执行左移或右移操作时,其移位过程如下:

若 20012 为 1,每当 00002 由 OFF 变为 ON 时刻,LR10~LR11 中的数据按位依次左移一位。20013 的状态进入 LR1000,LR1115 的数据进入 CY 位。

若 20012 为 0,每当 00002 由 OFF 变为 ON 时刻,LR10~LR11 中的数据按位依次右移一位。20013 的状态进入 LR1115,LR1000 的数据进入 CY 位。

图 5-60 中使用的是微分型指令 @SFTR。在 00004 由 OFF 变为 ON 时只执行一次移位,控制通道各控制位的状态只在一个扫描周期中有效,所以可以直接使用 00002 进行移位控制。该图的工作情况与图 5-59 相同。

指令语句程序如下:

```
LD      00000
OUT     20012
LD      00001
OUT     20013
LD      00002
OUT     20014
LD      00003
OUT     20015
LD      00004
@SFTR(84)
        200
        LR10
        LR11
```

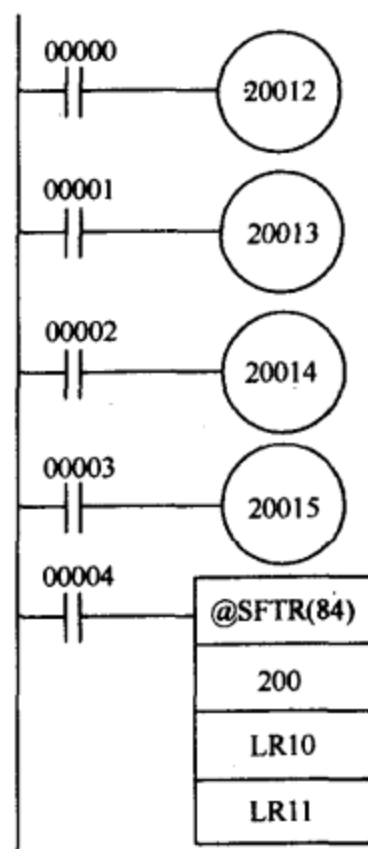


图 5-60 指令举例 31

八、数据转换指令

数据转换指令主要有 BCD 码→二进制转换指令、二进制→BCD 码转换指令、4→16 译码器指令、16→4 编码器指令、ASC II 码转换指令和七段译码指令等几种,下面主要以 BCD 码→二进制转换指令、二进制→BCD 码转换指令和七段译码指令为例进行介绍。

1. BCD 码→二进制转换指令

BCD 码→二进制转换指令的格式和梯形图符号如图 5-61 所示。

图中,S 是源通道(内容为 BCD 数)、R 是结果通道,S 和 R 的范围是:IR(内部继电器)、SR(特殊辅助继电器)、HR(保持继电器)、AR(辅助记忆继电器)、LR(链接继电器)、TC(定时器/计数器)、DM(数字存储区)、* DM(间接寻址)。

当执行条件为 ON 时,将 S 中的 BCD 码转换成二进制数(S 中的内容保持不变)并存入 R 中。

重点提示 当 S 的内容不是 BCD 码时,25503 为 ON。间接寻址 DM 不存在时,

25503 为 ON。当转换结果为 0000 时,25506 为 ON。
图 5-62 为使用 BCD 码→二进制转换指令的例子。

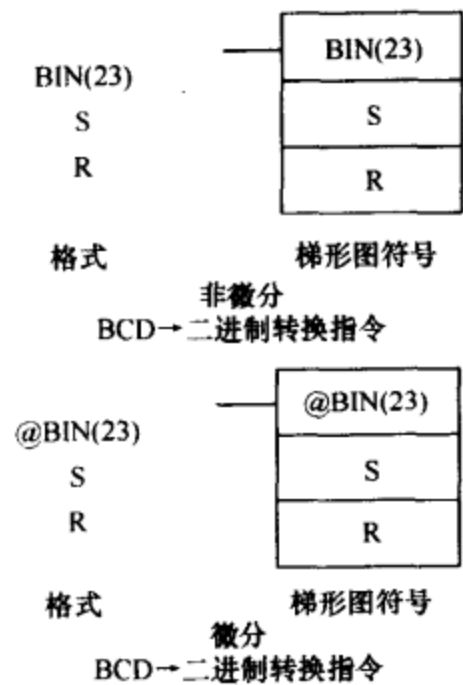


图 5-61 BCD 码转二进制转换指令的格式和梯形图符号

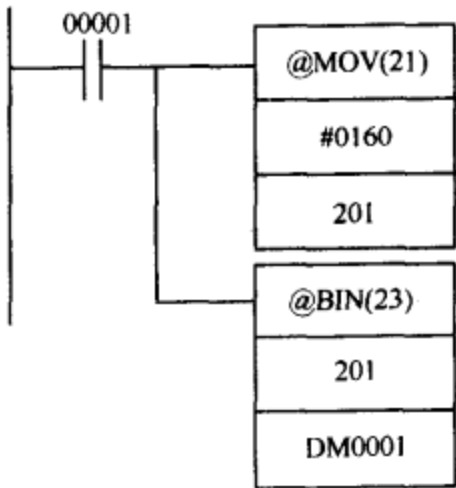


图 5-62 指令举例 32

指令语句程序如下：

```
LD      00001
@MOV(21)
        #0160
        201
@BIN(23)
        201
        DM0001
```

图中,当 00001 由 OFF 变为 ON(上升沿)时,执行一次 @MOV 指令,将 BCD 码 #0160 送到通道 201 中,执行一次 @BIN 指令,将通道 201 中的 BCD 码转换成二进制数,并存放在结果通道 DM0001 中。转换前、后通道 201 的内容不变。转换的方法是：

4 位 BCD 码可以分解成若干个 2^n 的十进制数的和,160 可分解为 $160 = 128 + 32 = 2^7 + 2^5$ 。因此,结果通道 DM0001 中的 bit07、bit05 为 1,DM0001 各数字位从高到低依次为 0000 0000 1010 0000(相当于十六进制的 00A0)。转换情况如图 5-63 所示。

第 3 位				第 2 位				第 1 位				第 0 位				
源通道	2 ¹⁵	2 ¹⁴	2 ¹³	2 ¹²	2 ¹¹	2 ¹⁰	2 ⁹	2 ⁸	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
20	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0

第 3 位				第 2 位				第 1 位				第 0 位				
结果通道	2 ¹⁵	2 ¹⁴	2 ¹³	2 ¹²	2 ¹¹	2 ¹⁰	2 ⁹	2 ⁸	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
DM0001	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0

图 5-63 转换示意图

2. 二进制→BCD 码转换指令

二进制→BCD 码指令的格式和梯形图符号如图 5-64 所示。

图中,S 是源通道(内容为 BCD 数)、R 是结果通道,S 和 R 的范围是:IR(内部继电器)、SR(特殊辅助继电器)、HR(保持继电器)、AR(辅助记忆继电器)、LR(链接继电器)、DM(数字存储区)、* DM(间接寻址)。

当执行条件为 ON 时,将 S 中的二进制数转换成 BCD 码(S 中的内容保持不变)并存入 R 中。

重点提示 当转换后的 BCD 数大于 9999 时,25503 为 ON。间接寻址 DM 不存在时,25503 为 ON。当转换结果为 0000 时,25506 为 ON。

图 5-65 为使用二进制→BCD 码指令的例子。

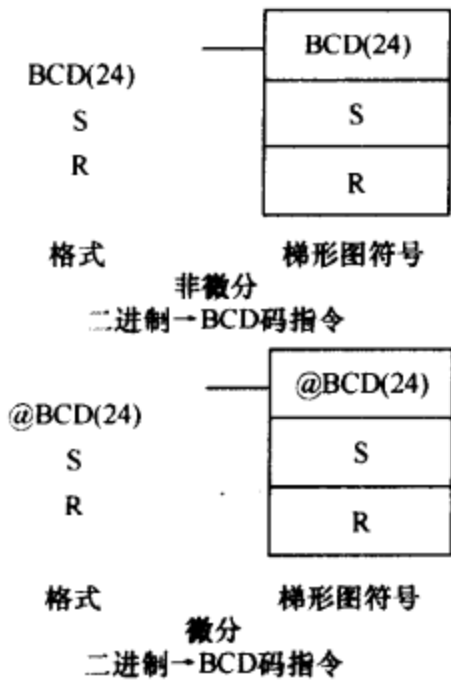


图 5-64 二进制转 BCD 码指令的格式和梯形图符号

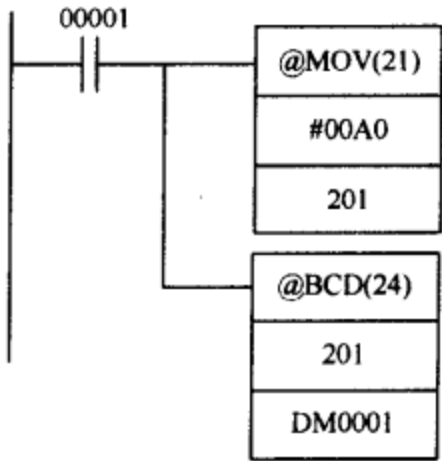


图 5-65 指令举例 33

指令语句程序如下:

```
LD      00001
@MOV(21)
        #00A0
        201
@BCD(24)
        201
        DM0001
```

图中,当 00001 由 OFF 变为 ON(上升沿)时,执行一次@MOV 指令,将 00A0 送到通道 201 中,执行一次@BCD 指令,将通道 201 中的数转换成 BCD 码,并存放在结果通道 DM0001 中。转换前、后通道 201 的内容不变。转换的方法是:

二进制数 0000 0000 1010 0000 用十六进制表示为 00A0,对应的十进制数为 $2^7 + 2^5 = 128 + 32 = 160$ 。将 160 用 BCD 码表示,转换后的结果通道 DM0001 的各数字位从高到低依次为 0000 0001 0110 0000。转换情况如图 5-66 所示。

3. 七段译码指令

七段译码指令的格式和梯形图符号如图 5-67 所示。

	第 3 位				第 2 位				第 1 位				第 0 位			
源通道	2 ¹⁵	2 ¹⁴	2 ¹³	2 ¹²	2 ¹¹	2 ¹⁰	2 ⁹	2 ⁸	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
201	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0

	第 3 位				第 2 位				第 1 位				第 0 位			
结果通道	2 ¹⁵	2 ¹⁴	2 ¹³	2 ¹²	2 ¹¹	2 ¹⁰	2 ⁹	2 ⁸	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰
DM0001	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0

图 5-66 转换示意图

图中,S 是源通道(内容为 BCD 数),其范围是:IR(内部继电器)、SR(特殊辅助继电器)、HR(保持继电器)、AR(辅助记忆继电器)、LR(链接继电器)、TC(定时器/计数器)、DM(数字存储区)、* DM(间接寻址)。

C 是控制数据,其范围为:IR、SR、HR、AR、LR、TC、DM、* DM、#。C 的各位含义如图 5-68 所示。

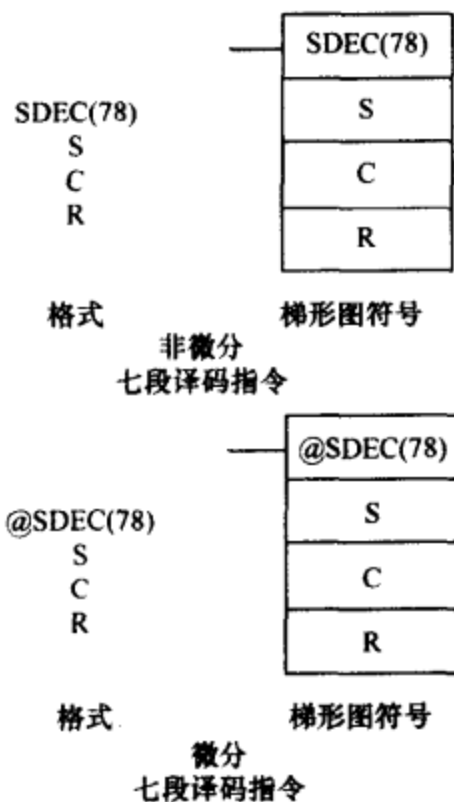


图 5-67 七段译码指令的格式和梯形图符号

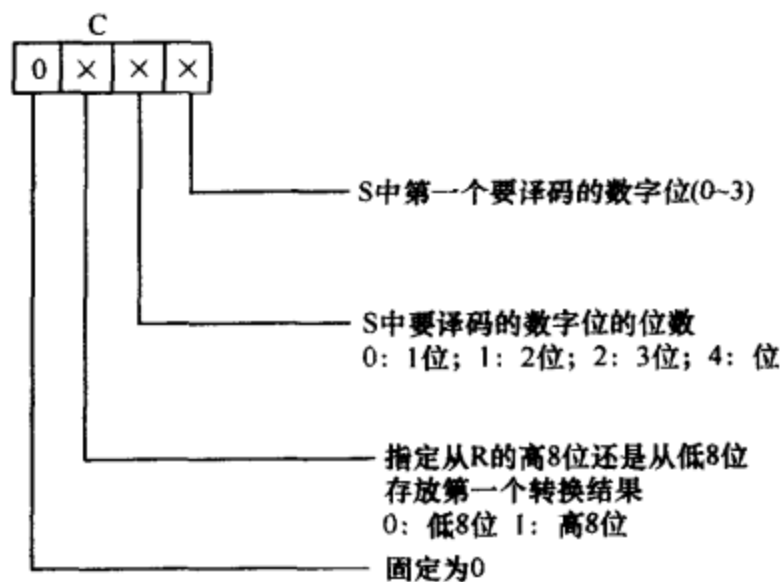


图 5-68 C 的各数字位含义

R 是结果开始通道,其范围为:IR、SR、HR、AR、LR、DM、* DM。

当执行条件为 ON 时,对 S 中的数字进行译码,由 C 确定要译码的起始数字位及译码的位数。译码结果存放在 R 中,并由 C 确定是从 R 的低 8 位还是高 8 位开始存放。R 中的 7 位和 15 位不用,00 位~06 位及 08 位~14 位分别对应数码管的 a、b、c、d、e、f、g 段。

图 5-69 为应用七段译码指令的例子。

指令语句程序如下:

```
LD      00001
@MOV(21)
```

#2001
HR00
@SDEC(78)
HR00
#0013
HR01

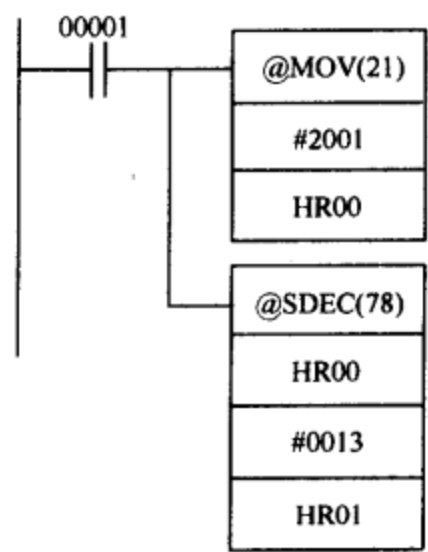


图 5-69 指令举例 34

指令的源通道号为 HR00, 结果通道为 HR01。控制字 C= #0013, 表明从源通道的第 3 位数字开始, 对 2 个数字进行译码, 译码的顺序为第 3 位数字→第 0 位数字。从结果通道的低 8 位开始接受第一个转换结果, 每个结果占 8 位, 所以只占用一个结果通道。

当 00001 为 ON 时, 执行 @SDEC 指令对 HR00 中的数据(为 2001)进行七段译码。源通道中的第 3 位数字是 0010, 经过七段译码后, 七段数码管应该显示数字 2, 即七段数码的 a、b、g、e、d 段应该是 1。第一个译码结果要存放在结果通道的低 8 位, 所以 HR01 的低 8 位是 0101 1011 (bit7 固定为 0); 源通道中的第 0 位数字的内容为 0001, 经过七段译码后, 七段数码管应该显示数字 1, 即七段数码的 b、c 段应该是 1。第二个译码结果要存放在结果通道的高 8 位, 所以 HR01 的高 8 位是 0000 0110 (bit15 固定为 0)。

译码情况如图 5-70 所示。

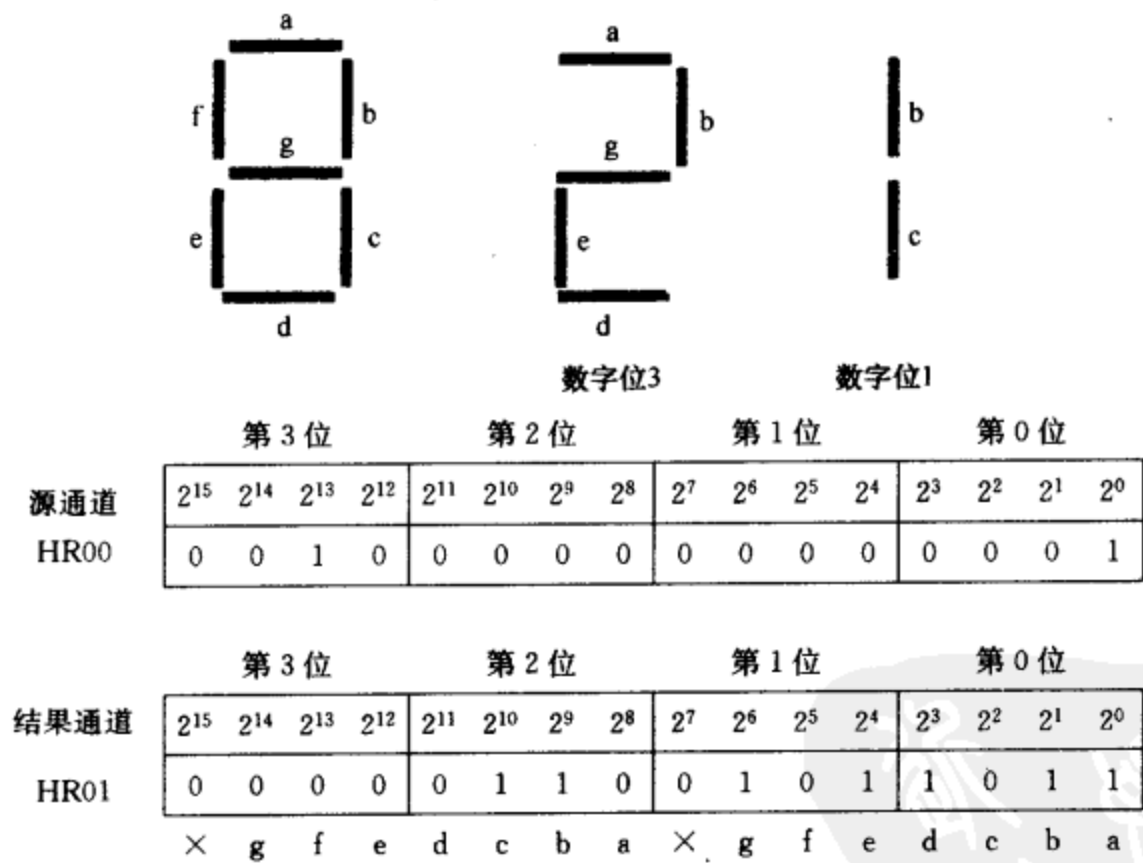


图 5-70 七段译码情况

需要说明的是, 对于本例, 若 C= #0113 时, 虽然也是对两个数字进行译码, 但需要两个结果通道。这时结果通道应是以 HR01 为首通道的两个连续通道。第一个译码结果存放在 HR01 的高 8 位, 第二个译码结果存放在 HR02 的低 8 位。

注意事项 结果通道不能超过其所在区域。例如,在控制字 C= #0113 时,若结果通道数据为 HR19 就会出错。因为第一个结果要存放在 HR19 的高 8 位,显然第二个译码结果无处存放。

九、子程序控制指令

在编写应用程序时,有的程序段需多次重复使用。这样的程序段可以编成一个子程序,在满足一定条件时,中断主程序而转去执行子程序,子程序执行完毕,再返回断点处继续执行主程序。另外,有的程序段不仅需多次使用,而且要求程序段的结构不变,但每次输入和输出的操作数不同。对这样的程序段也可以编成一个子程序,在满足执行条件时,中断主程序的执行而转去执行子程序,并且每次调用时赋予该子程序不同的输入和输出操作数,子程序执行完毕再返回断点处继续执行主程序。

子程序调用、定义和返回指令的格式和梯形图如图 5-71 所示。

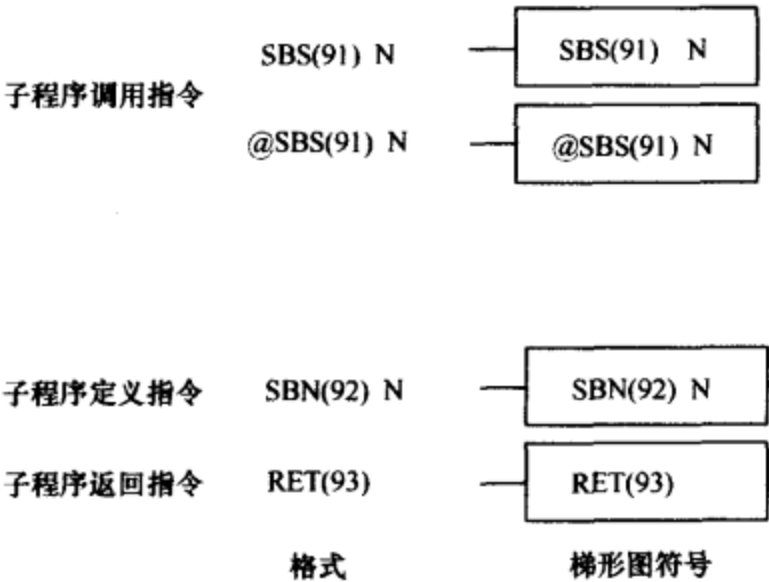


图 5-71 子程序调用、定义和返回指令的格式和梯形图

图中,N 是子程序编号,其取值为 000~049。

SBS 是子程序调用指令。在执行条件为 ON 时,调用编号为 N 的子程序。当被调用的子程序不存在、子程序自调用或子程序嵌套超过 16 级时,特殊辅助继电器 25503(ER 标志)为 ON。

SBN 和 RET 是子程序定义和子程序返回指令。SBN 和 RET 指令不需要执行条件,两条指令要成对使用。SBN 指令定义子程序的开始;RET 表示子程序结束,RET 指令不带操作数。执行该指令不影响标志位。

重点提示 所编写的子程序应该在指令 SBN 和 RET 之间。主程序中,在需要调用子程序的地方安排 SBS 指令。若使用非微分指令 SBS 时,在它的执行条件满足时,每个扫描周期都调用一次子程序。若使用 @SBS 时,只在执行条件由 OFF 变 ON 时调用一次子程序。

另外需要说明的是,所有子程序必须放在主程序之后和 END 之前。若子程序之后安排了主程序,则该段主程序不被执行。因为 CPU 扫描用户程序时,只要见到 SBN 则认为主程序结束,在编写程序时一定要注意。

图 5-72 为调用子程序的一个例子。00100 是调用子程序指令的执行条件。主程序

的内容包括传送数据、用 KEEP 指令产生秒脉冲、调用子程序 005。

指令语句程序如下：

```
LD OT      00100
MOV(21)
           #0001
           220

LD      00100
SBS(91) 005

LD      25313
LD      25502
KEEP(11) 01100
SBN(92) 005

LD      22007
OR      25314
LD      25502
LD NOT  00100
SFT(10)
           220
           220

LD      25313
MOV(21)
           220
           010

RET(93)
END(01)
```

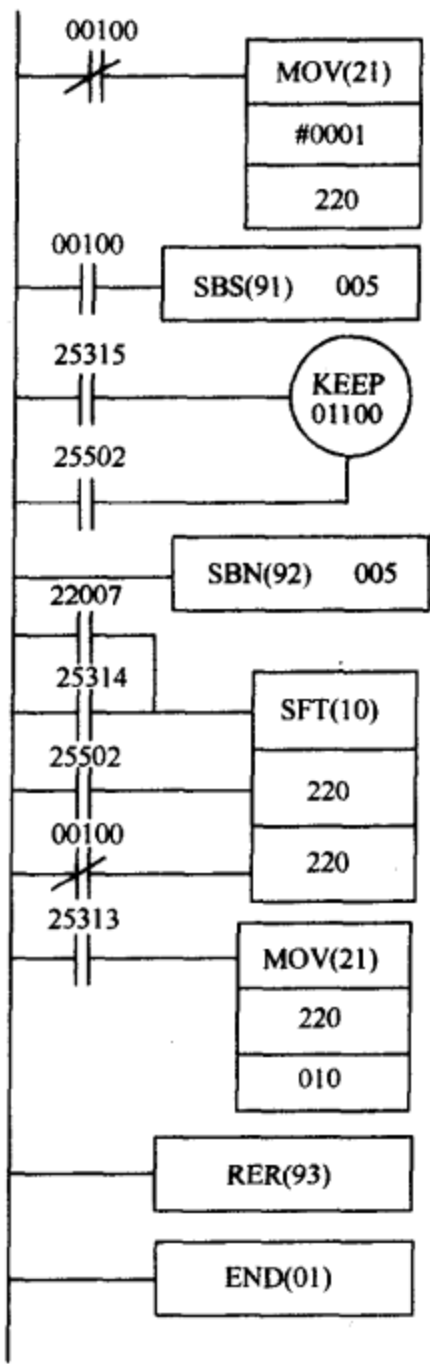


图 5-72 程序举例 35

当 00100 为 OFF 时，执行 MOV 指令，将 #0001 传送到 220 通道，使 22000 为 ON，其余各位均为 OFF。继续执行 KEEP 指令，由 01100 输出秒脉冲。若 00100 为 ON 时，立即转去执行 005 号子程序。

005 号子程序有两个内容。其一，移位寄存器指令的数据输入端是 25314，所以 22000 的 ON 状态每隔 1s 向高位移 1 位。若 00100 一直为 ON，每个扫描周期都调用子程序，移位将持续进行。当 22007 变为 ON 且下一个移位脉冲到来时，22000 又成为 ON 并重复上述的移位过程。其二，执行 MOV 指令把 220 通道的内容传送到 010 通道。

在子程序执行过程中，若 00100 为 OFF 时，立即停止子程序的执行。例如，当 22005 为 ON 时，令 00100 为 OFF 时，01005 仍保持 ON 状态，但不移位（子程序不再执行）。这时主程序中的 MOV 指令又将 #0001 传送到 220 通道。当 00100 再次为 ON，又调用子程序 005 时，01005 立即 OFF。再执行 SFT 指令时，仍是将 22000 的 ON 状态依次向高位移位。

十、中断控制指令

1. 中断的概念

中断是一项重要的计算机技术,这一技术不但在单片机中得到了充分的应用,而且在可编程控制器中也得到了一定的继承。其实,中断现象不仅在单片机、可编程控制器中存在,就是在我们的日常生活中也同样存在。例如,你在看书——电话铃响了——你在书上做个记号,走到电话旁——你拿起电话和对方通话——门铃响了——你让打电话的对方稍等一下——你去开门,并在门旁与来访者交谈——谈话结束,关好门——回到电话机旁,拿起电话,继续通话——通话完毕,挂上电话——从作记号的地方起继续读书。

这是一个很典型的中断现象。从看书到接电话,是一次中断过程,而从打电话到与门外来访者交谈,则是在中断过程中发生的又一次中断,即所谓中断嵌套。为什么会发生上述的中断现象呢?就是因为你在一个特定的时刻,面对着三项任务:看书、打电话和接待来访者。但一个人又不可能同时完成三项任务,因此你只好采用中断方法,穿插着去做。

此种现象同样也可能出现在可编程控制器中,因为通常可编程控制器中只有一个 CPU,但在实际控制过程中,控制系统中有些随时可能发生的情况需要 CPU 处理,对此, CPU 也只能采用停下一个任务去处理另一任务的中断方法解决。把这种方法上升到计算机理论,就是一个资源(CPU)面对多项任务,但由于资源有限,因此就可能出现资源竞争的局面,即几项任务来争夺一个 CPU。而中断技术就是解决资源竞争的有效方法,采用中断技术可以使多项任务共享一个资源,所以中断技术实质上就是一种资源共享技术。

在可编程控制器中,中断处理的过程是:外部或内部触发信号的作用下,中断主程序的执行,转去执行一个预先编写的子程序,即中断处理子程序(也称中断服务程序);中断处理子程序执行完毕后,再返回断点处继续执行主程序。中断程序示意图如图 5-73 所示。

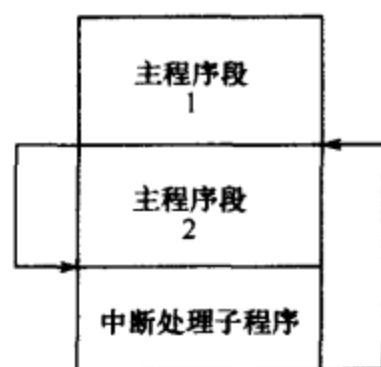


图 5-73 中断程序示意图

2. 外部输入中断功能

1) 外部输入中断的输入点

在 CPM1A 系列 PLC 中,20 点、30 点、40 点的主机,其 00003~00006 这四个点是外部输入中断的输入点。10 点的主机,00003 和 00004 是外部输入中断的输入点。外部发生的事件所产生的信号通过中断输入点送入 PLC,当某个中断输入点为 ON 或 ON 一定次数时,产生中断请求信号。当不使用中断功能时,这些点可以作为普通输入点使用。各中断输入点的编号为

00003:中断输入 0

00004:中断输入 1

00005:中断输入 2

00006:中断输入 3

2) 外部输入中断的优先级

若几个中断输入点同时为 ON 时,则执行中断的优先顺序为:中断输入 0→中断输入

1→中断输入 2→中断输入 3。

3)外部输入中断的模式

外部输入中断有输入中断和计数器中断两种模式。

输入中断模式 在非屏蔽情况下,只要中断输入点接通则产生中断响应。若在屏蔽情况下,即使中断输入点接通也不能产生中断响应,但该中断信号被记忆下来,待屏蔽解除后立即产生中断。若屏蔽解除后不希望响应所记忆的中断,可用指令清除该记忆。

计数器中断模式 这种模式的中断,是对中断输入点接通的次数进行高速计数(减计数),当达到设定的次数时产生中断,且计数器停止计数、中断被屏蔽。若想再产生中断需使用指令进行设定。计数器的计数范围为 0~65535,计数频率最高为 1kHz。对计数器模式的中断,CPM1A 系列规定用通道 SR240~SR243 存放计数器设定值,通道 SR244~SR247 存放计数器当前值。各输入点与上述通道的对应关系见表 5-1。

表 5-1 各输入点与通道的对应关系

中断输入点	存放计数器设定值的通道	存放计数器(当前值-1)的通道
00003	SR240	SR244
00004	SR241	SR245
00005	SR242	SR246
00006	SR243	SR247

4)外部输入中断的子程序

中断处理子程序也用 SBN 定义其开始,用 RET 定义其结束,而且中断处理子程序也必须放在主程序之后和 END 之前。

外部输入点对应的中断处理子程序编号是固定的,其对应关系为

中断输入 0(输入点 00003):子程序号为 000

中断输入 1(输入点 00004):子程序号为 001

中断输入 2(输入点 00005):子程序号为 002

中断输入 3(输入点 00006):子程序号为 003

当不使用中断功能时,这些子程序号可以作为普通子程序编号使用。

5)外部输入中断的设定

在外部输入中断使用之前,要用编程器对 DM6628 进行设定,若不进行设定就没有中断功能。DM6628 设定的内容和含义如图 5-74 所示。

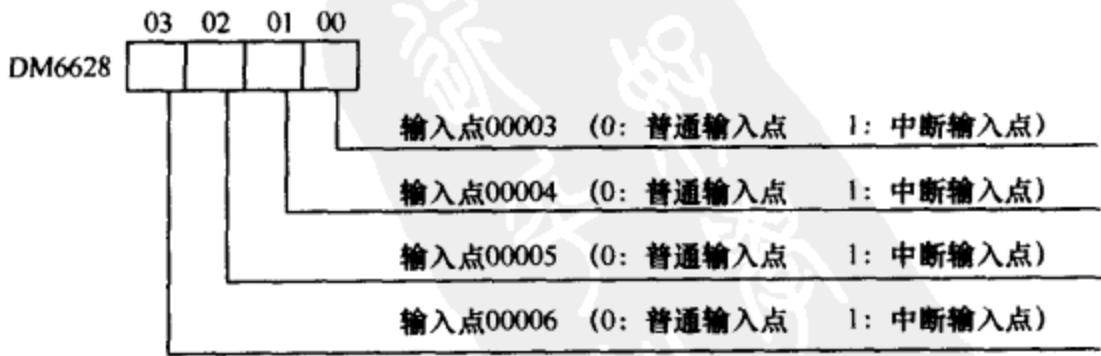


图 5-74 DM6628 设定的内容和含义

3. 间隔定时器的中断功能

1)间隔定时器

CPM1A 系列 PLC 有一个间隔定时器,它是个递减计数器(从设定值开始按一定的时间间隔进行减计数),当其定时时间到时,可以不受扫描周期的影响,停止执行主程序并建立断点,立即转去执行中断处理子程序,从而实现高精度的定时中断处理。

2)间隔定时器的中断模式

间隔定时器有两种工作模式,即单次模式和重复模式,因此由间隔定时器产生的中断也有两种模式。

单次中断模式 当间隔定时器的定时时间到时,停止定时并产生中断信号,但只执行一次中断。至于是否起动单次中断、其设定值是多少、中断子程序的编号等,都要由 STIM 指令来确定。

重复中断模式 这种中断模式是每隔一定的时间产生一次中断,因此是循环地执行中断,直到定时器停止计数为止。与单次中断不同的是,在执行中断子程序的同时,定时器的当前值又恢复为设定值并重新开始定时。至于是否起动重复中断、其设定值是多少、中断处理子程序的编号等,都要由 STIM 指令来确定。

3)间隔定时器的中断处理子程序

不论是单次中断模式还是重复中断模式,其子程序号都由 STIM 指令来确定,其范围为 000~049。

重点提示 编写中断处理子程序应注意以下几点。

- (1)在中断处理子程序内部不可使用 SBS 指令,即中断处理子程序不可调用普通子程序。
- (2)不可用 SBS 指令去调用中断处理子程序,即普通子程序不可调用中断处理子程序。
- (3)中断处理子程序内部不可以调用别的中断处理子程序。

4. 中断的优先级

CPM1A 系列 PLC 除外部输入中断和间隔定时器中断外,还有高速计数器中断,执行各种中断的优先级顺序是:外部输入中断 0→外部输入中断 1→外部输入中断 2→外部输入中断 3→间隔定时器中断→高速计数器中断。

例如,在执行某中断处理子程序时发生了优先级更高的中断,就停止执行当前的中断处理子程序,而转去执行新的中断处理子程序,新子程序执行完毕再返回原中断处理子程序中的断点处继续执行该程序。如果同时发生了几个中断请求信号,则先执行优先级高的中断。

5. 中断控制指令

1)外中断控制指令

外中断的指令的格式和梯形图如图 5-75 所示。

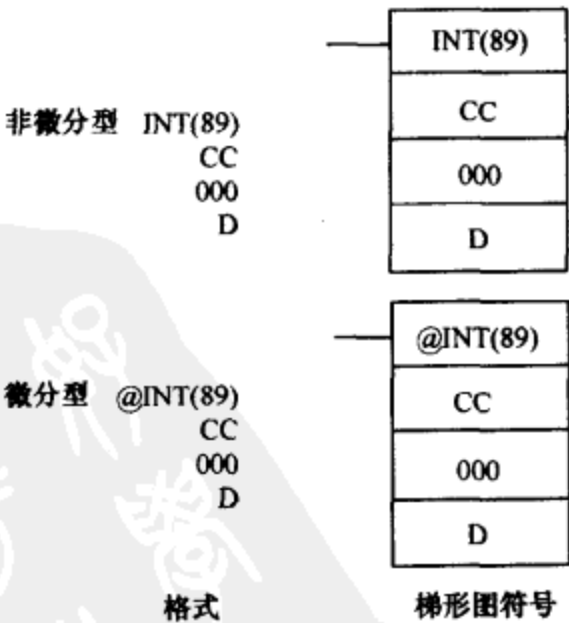


图 5-75 外中断的格式和梯形图

当执行条件为 ON 时,根据 CC 的数据完成以下 6 种功能中的一种。

CC 是控制码,其取值和含义如下:

CC=000:对 00003~00006 输入点屏蔽/不屏蔽。是否屏蔽由 D 的位 00~03 来决定,如图 5-76 所示。

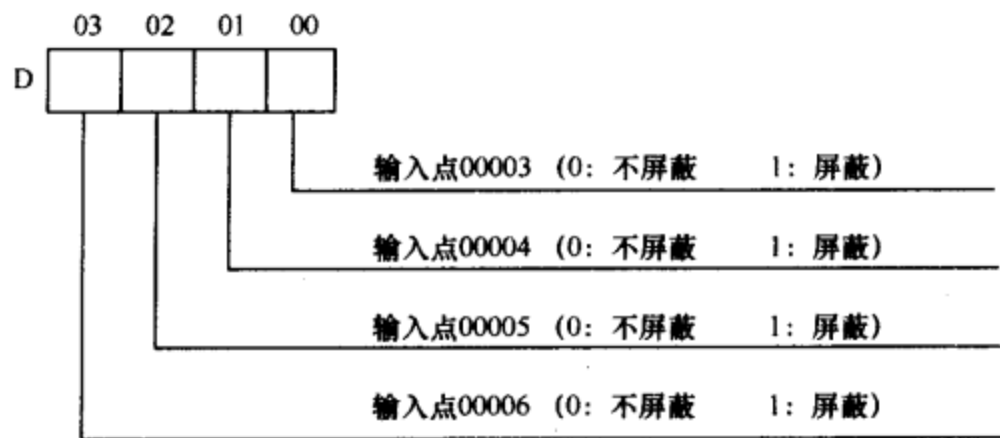


图 5-76 D 的状态 1

CC=001:清除/不清除输入中断记忆。是否清除由 D 的位 00~03 来决定,如图5-77 所示。

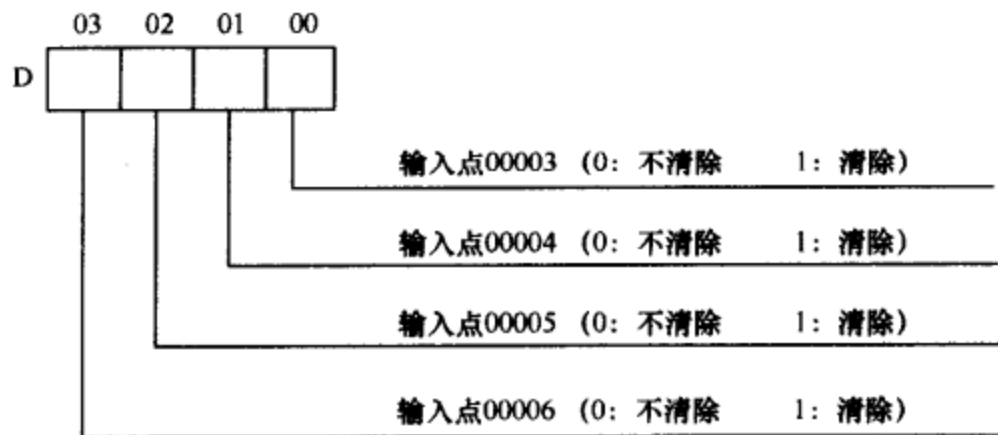


图 5-77 D 的状态 2

CC=002:读出 00003~00006 输入点的当前屏蔽状态写入 D 中。是否为屏蔽由 D 的位 00~03 来决定,如图 5-78 所示。

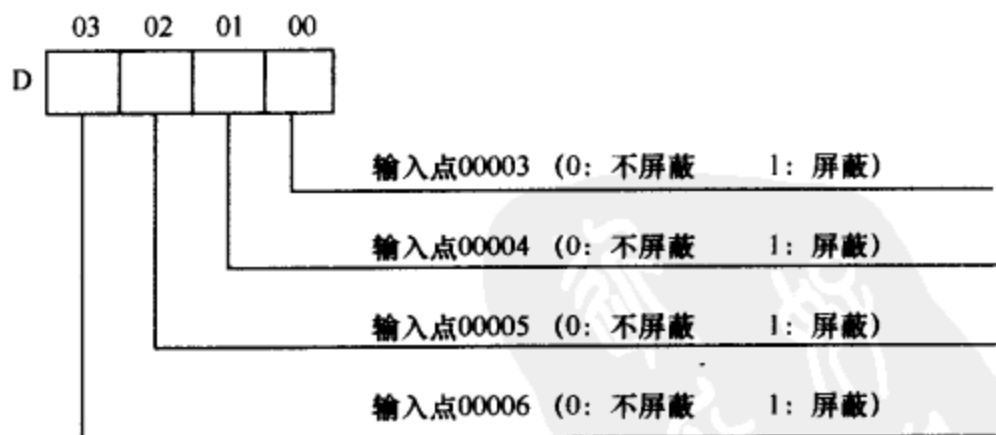


图 5-78 D 的状态 3

CC=003:更新/不更新 00003~00006 输入点的计数器设定值。是否更新设定值由 D 的位 00~03 来决定,如图 5-79 所示。

CC=100:屏蔽所有中断。屏蔽期间若有中断请求将不响应,但可记忆各种中断信

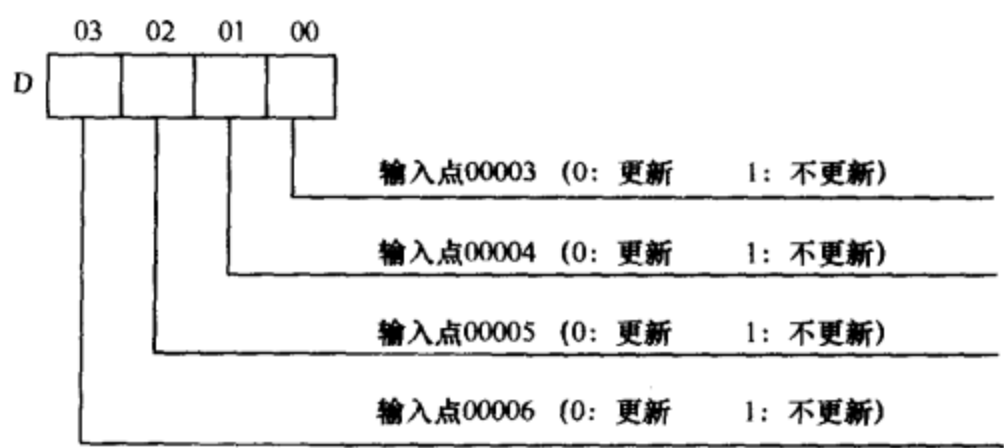


图 5-79 D 的状态 4

号,待屏蔽解除时立即响应中断。

CC=200:解除所有中断屏蔽,即恢复到执行 INT“屏蔽所有中断”之前的状态,但不解除单独中断类型的中断。

重点提示 当指定的操作数不正确时,25503 为 ON。另外,CC=100 和 CC=200 时,D=0000 为固定设置;屏蔽所有中断与解除所有中断屏蔽应成对使用,不是十分必要,一般不要使用屏蔽所有中断。

2)间隔定时器中断指令

间隔定时器中断指令的格式和梯形图符号如图 5-80 所示。

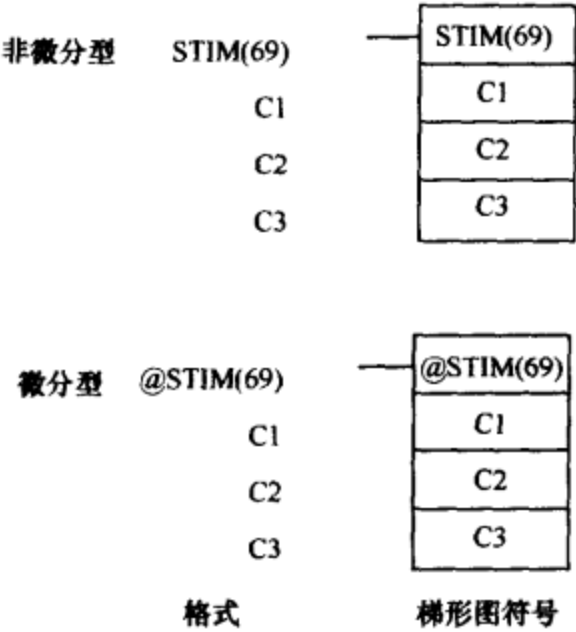


图 5-80 间隔定时器中断指令的格式和梯形图符号

图中,C1 是控制码,C2、C3 是设定值。

当执行条件为 ON 时,根据 C1 的数据完成以下 4 种功能中的一种。C2、C3 的取值根据 C1 的状态来决定。当指定的操作数不正确时 25503 为 ON。

(1)C1=000 时,起动单次中断模式。

C2 若为常数(BCD0000~9999)时,则为定时器的设定值。时间间隔固定为 1ms,实际定时时间即为该常数值,单位 ms。

C3 为子程序号。

C2 若为通道号,则其内容(BCD0000~9999)为定时器的设定值。时间间隔由 C2+1 的内容(BCD 0005~0320,对应 0.5ms~32ms)确定,实际定时时间为:[C2 的内容×

(C2+1)的内容]×0.1ms,故实际定时时间的范围是0.5ms~319968ms。

C3 为子程序号。

(2) C1=003 时, 起动重复中断模式。

C2、C2+1、C3 的意义及定时时间的计算同上。

(3) C1=006 时, 读出定时器的当前值。

可读出计数器减 1 的次数、时间间隔、从上一次减 1 到当前时刻的时间,读出的数据分别放在 C2、C2+1、C3 中,由此计算出定时开始到当前时刻的时间为: [C2 的内容 \times (C2+1) 的内容 + C3 的内容] $\times 0.1\text{ms}$ 。

(4) $C1=010$ 时, 停止间隔定时器工作。

此时 C2、C3 固定为 000。

6. 中断控制举例

图 5-81 为外部输入中断模式的例子。设置 DM6628 为 0011, 即设定 00003 和 00004 为中断输入端子。

注意 图中 INT 指令中的 #000C 相当于二进制 0000 0000 0000 1100。所以,0003、0004 为非屏蔽位,0005、0006 为屏蔽位。

当 00003 接通时产生中断, 停止执行主程序, 转去执行中断处理子程序 000, 则 20000 ON, 返回主程序使 01000 ON; 若 00004 接通产生中断时, 转去执行中断处理子程序 001, 则 20001 ON, 返回主程序使 01000 OFF。若 00003 和 00004 两个输入点同时接通, 则 00003 产生的中断优先执行。

图 5-82 为外部输入的计数中断模式的例子。设置 DM6628 为 0010, 即设定 00004 为中断输入点。

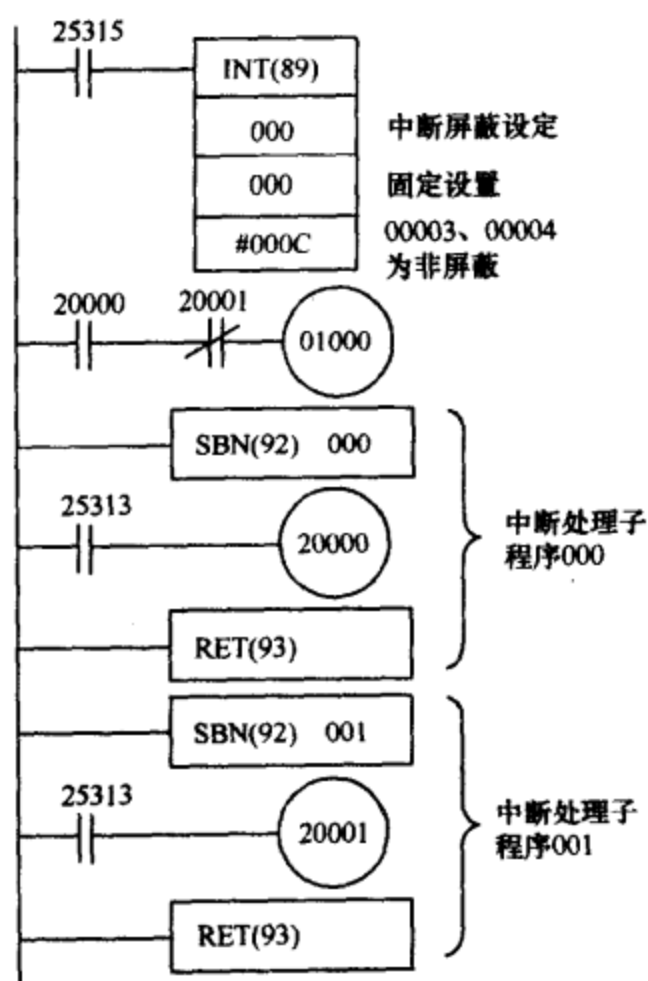


图 5-81 程序举例 36

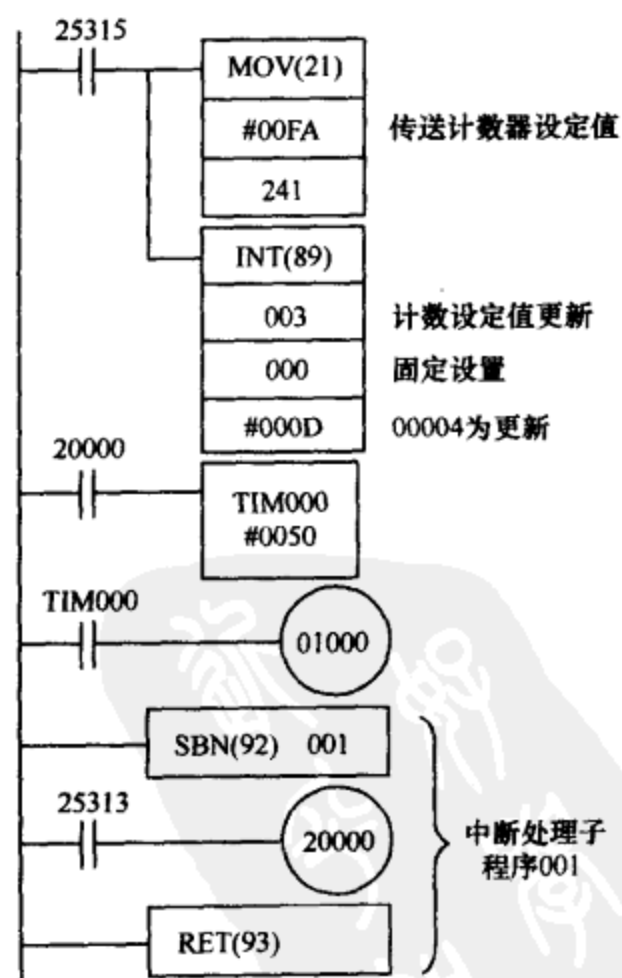


图 5-82 程序举例 37

在 PLC 上电后的第一个扫描周期,执行一次 MOV 指令,将 #00FA(十进制的 250)传送到存放 00004 中断输入点计数设定值的 241 通道,执行一次 INT 指令,设置输入中断 1 为计数中断模式,设定 00004 输入点可以更新。所以,当 00004 输入点接通 250 次时将产生中断,停止执行主程序并转去执行中断处理子程序 001。执行子程序 001 使 20000 ON,返回主程序使 TIM000 开始定时。经过 5s,TIM000 ON,使 01000 ON。

图 5-83 为间隔定时器单次中断模式的程序。要用 STIM 指令确定中断模式、设定间隔定时器的定时时间、确定子程序编号。本例中执行 STIM 指令后,确定间隔定时器是单次中断模式,间隔定时器的实际定时值为 $200 \times 10 \times 0.1 = 200\text{ms}$,子程序号为 010。

图中,当 PLC 上电后,在 STIM 指令的执行条件 00000 为 ON 时,起动间隔定时器开始定时。当达到设定值时间 200ms 时产生中断并转去执行 010 号中断处理子程序,使 20000 ON。返回去执行主程序使 01000 ON、TIM000 开始定时,5s 后 01000 OFF。

图 5-84 为间隔定时器重复中断模式的程序。本例中执行 STIM 指令后确定间隔定时器为重复中断模式,间隔定时器的实际定时值为 50ms,子程序号为 005。

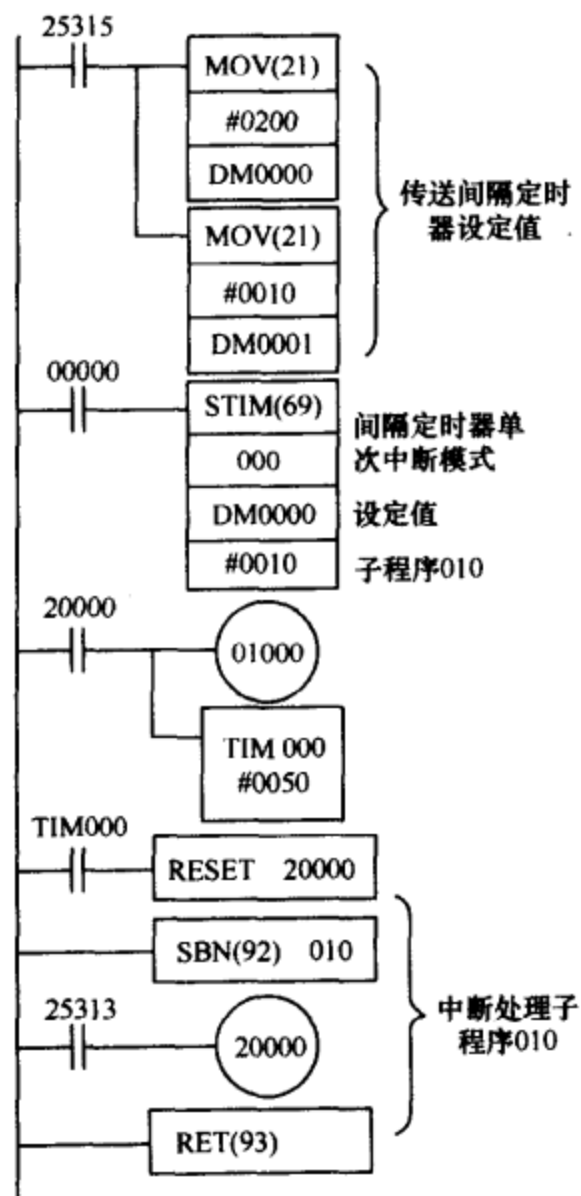


图 5-83 程序举例 38

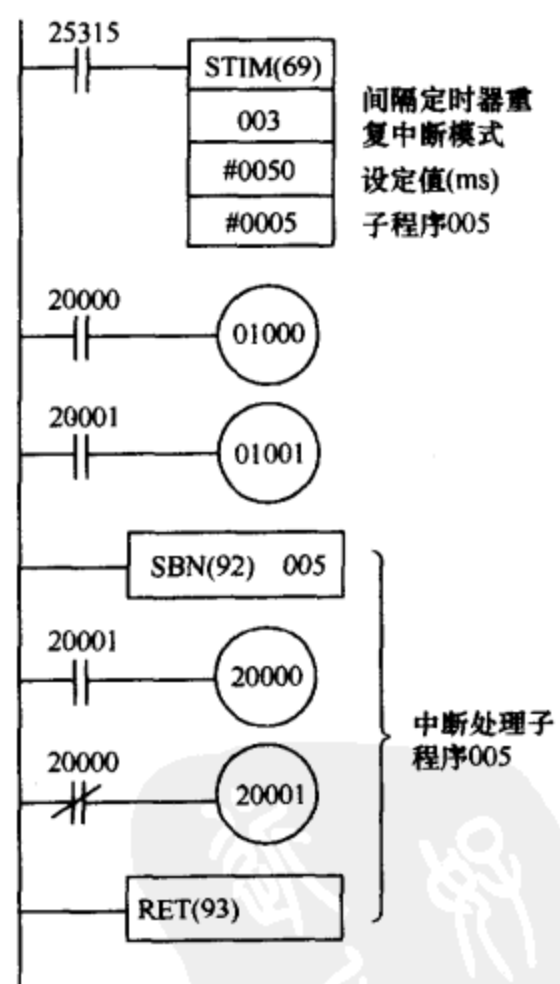


图 5-84 程序举例 39

图中,当 PLC 上电后,间隔定时器开始定时。当达到设定值时间 50ms 时产生中断并转去执行 005 号中断处理子程序,同时定时器的当前值又恢复为设定值并重新开始定时,再过 50ms 时又产生中断。第一次中断执行子程序时 20001 ON、20000 OFF,返回去

执行主程序使 01001 ON 50ms、01000 OFF。第二次中断执行子程序时 20000 ON、20001 OFF,所以 01000 ON 50ms、01001 OFF。可见该段程序的功能是 01000 和 01001 均能产生 0.1s 的脉冲(占空比 1:1),直到间隔定时器停止计数为止。

重点提示 普通子程序与中断处理子程序的异同。

(1)两种子程序的相同点 两种子程序主要有以下相同点。

- ①子程序都必须由 SBN 和 RET 指令来定义其开始和结束。
- ②子程序都要放在主程序之后和 END 之前,即子程序之后不能再写主程序。
- ③当 SBS 指令的执行条件不满足时或没产生中断时,CPU 都不扫描子程序。

(2)两种子程序调用的不同点 两种子程序主要有以下几点不同。

①普通子程序的调用是受程序的控制,即必须在主程序中安排 SBS 指令,当 CPU 扫描到 SBS 指令且其执行条件满足时调用子程序。中断处理子程序的调用不是由程序直接控制的,在中断控制指令设定之后,是否调用子程序取决于有无中断请求信号。而且,对外部输入中断,若中断被屏蔽,即使有中断请求信号也不能立即执行中断处理子程序。

②用 SBS 指令调用子程序时,其返回地址只能是与 SBS 指令相邻的下一条指令。中断处理子程序执行完毕则返回到断点处。

③用 SBS 调用的各子程序之间没有优先级的问題,而由于各种中断存在优先级,所以与各种中断对应的中断处理子程序在执行时有优先顺序。



第六章 CPM1A 系列 PLC 编程器和编程软件

PLC 的编程工具有编程器和计算机辅助编程。编程器可直接安装在 PLC 的 CPU 上,对 PLC 进行编程和调试,是 PLC 应用最广泛的编程工具。特别是 PLC 未与上位计算机构成网络的情况下,必须用编程器作为编程工具。计算机辅助编程是当上位计算机与 PLC 建立通信后,在上位机上运行专用的编程软件,对 PLC 进行编程和调试。本章主要介绍 CPM1A 系列 PLC 编程器 CQM1-PRO01 和 CX-P 编程软件的使用方法。

第一节 CQM1-PRO01 编程器

CPM1A 系列 PLC 可以使用的编程器为 CQM1-PRO01 或者 C200H-PRO27,这两种编程器的主要功能是相同的。下面主要以 CQM1-PRO01 编程器为例进行介绍。

一、CQM1-PRO01 编程器面板介绍

CQM1-PRO01 编程器的面板如图 6-1 所示。可以看出,面板主要由显示屏、工作方式选择开关、键盘组成。

1. 键盘

键盘由 39 个键组成,分别是:

10 个白色数字键。用于输入程序地址或数据,与 FUN 键组合形成应用指令。

12 个黄色编辑键。用于输入、修改、查询程序、监控程序运行。

1 个红色清除键。用于清除显示屏的显示。

16 个灰色指令键。用于输入指令。

键盘的上部为指令键,下部左侧为数字键,下部右侧为编辑键。键的功能说明如下:

(1)FUN 键:该键为功能键,用于输入带有功能码的指令。例如 MOV 指令的输入,就要利用该键,依此按下 FUN、 C_2 、 B_1 键即显示出 MOV(21)指令。

(2)SFT、NOT、AND、OR、LD、OUT、CNT、TIM 基本指令键:利用这些键可输入相应的指令。

(3)SHIFT 上挡键:利用该键和有上挡功能的键形成上挡功能。

(4)TR、 $\frac{*EM}{LR}$ 、 $\frac{AR}{LR}$ 、 $\frac{EM}{DM}$ 、 $\frac{CH}{*DM}$ 、 $\frac{CONT}{\#}$ 数据区键:利用这些键可输入相应的指令。

(5)EXT 键:该键为外引键,利用磁带机存储程序时使用该键。

(6)CHG 键:该键为修改键,修改 TIM/CNT 的当前值、修改 DM 单元内容时利用该键。

(7)SRCH 键:该键为检索键,检索指令或位在程序中的位置时用该键。

(8)SET、RESET 键:用于调试时的强制置位、复位。

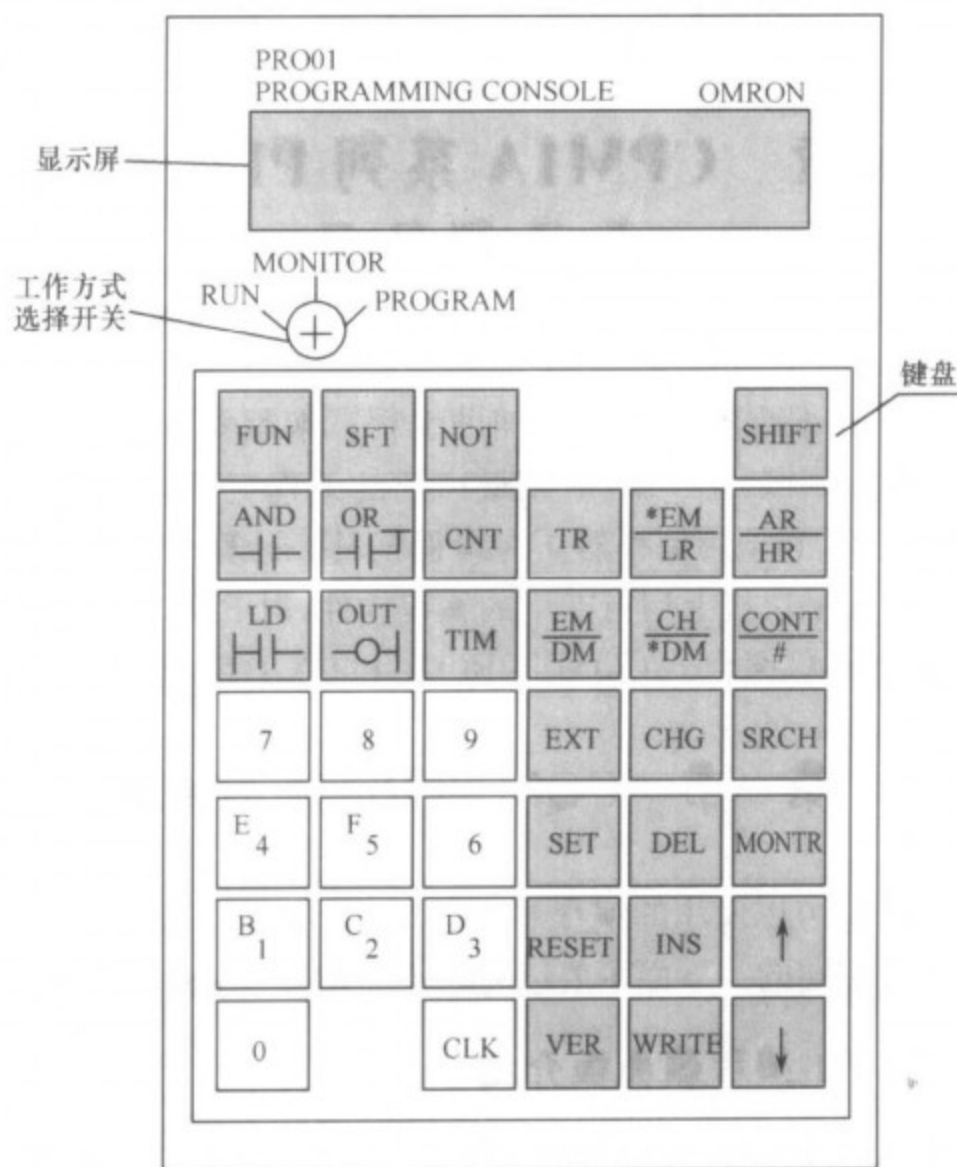


图 6-1 CQM1-PRO01 编程器面板

- (9) VER 键:该键为校验键,校验磁带机上的程序与 PLC 内的程序是否相同。
- (10) DEL 键:该键为删除键,用于删除指令。
- (11) INS 键:该键为插入键,用于插入指令。
- (12) WRITE 键:该键为写入键,每输入一条指令或一个数据都要用写入键将其写入 PLC 内部。
- (13) MONTR 键:该键为监控键,用于监控通道或位的状态。
- (14) ↑、↓ 键:改变地址键,按 ↑ 键地址减小,按 ↓ 键地址增加。
- (15) CLR 键:用于清除显示屏的显示。

2. 工作方式选择开关

工作方式选择开关有三个位置:RUN、MONITOR、PROGRAM。RUN 为运行方式,在这种方式下程序正常运行,不能利用编程器干预程序的执行,但可查询。MONITOR 为监控方式,在这种方式下程序处在运行状态,利用编程器可对程序的执行进行全面干预,但不能改变程序。PROGRAM 为编程方式,在这种方式下程序不运行,可利用编程器对程序进行修改、输入等。

PLC 上不加编程器时,上电后自动处于运行 RUN 方式。PLC 上加有编程器时,上电后的工作方式取决于编程器上的工作方式选择开关的位置。在对 PLC 存储器中的程序不清楚时,一定要把工作方式选择开关置于编程位置,否则一上电 PLC 就开始执行程序,这样很危险,一定要避免。

3. 显示屏

显示屏采用液晶显示。显示屏由两行显示块组成,每行 16 个显示块,每块为 8×6 点阵液晶,可显示各种字符。显示器的第一行显示地址,第二行显示内容或状态。

二、CQM1-PRO01 编程器的使用

PLC 首次上电后,编程器上显示出“PASSWORD!”(口令)字样,依此按下 CLR 和 MONTR 键后,口令消失,再连续按下 CLR 键,编程器上显示出 00000,此时方可进行下面的操作。

1. 内存清除

该操作在 PROGRAM 方式下完成。内存清除包括全清除和部分清除两种。

全清除 全清除是将存储器中的程序、各继电器、计数器、数据存储器中的数据全部清除,操作过程及显示内容如图 6-2 所示。

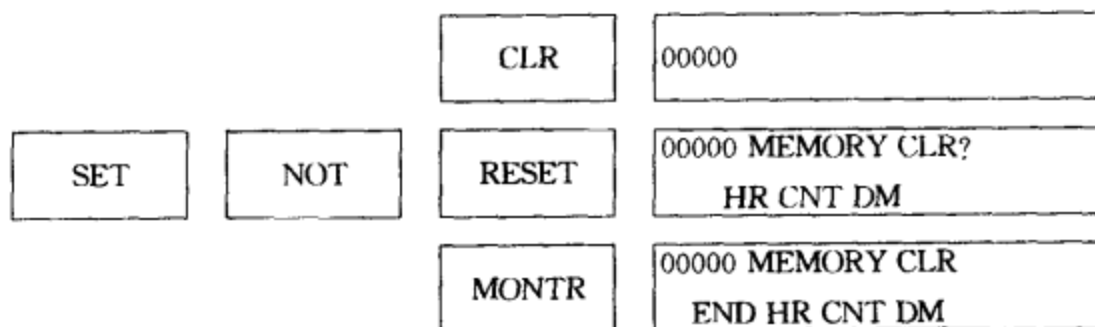


图 6-2 全清除

部分清除 如果需要保留指定地址以前的程序或保留指定的数据区,则应进行部分清除。例如,要保留地址 00123 以前的程序及保留 HR 区,即清除从地址 00123 开始以后的程序及清除 CNT 区、DM 区,则应进行图 6-3 所示的操作。

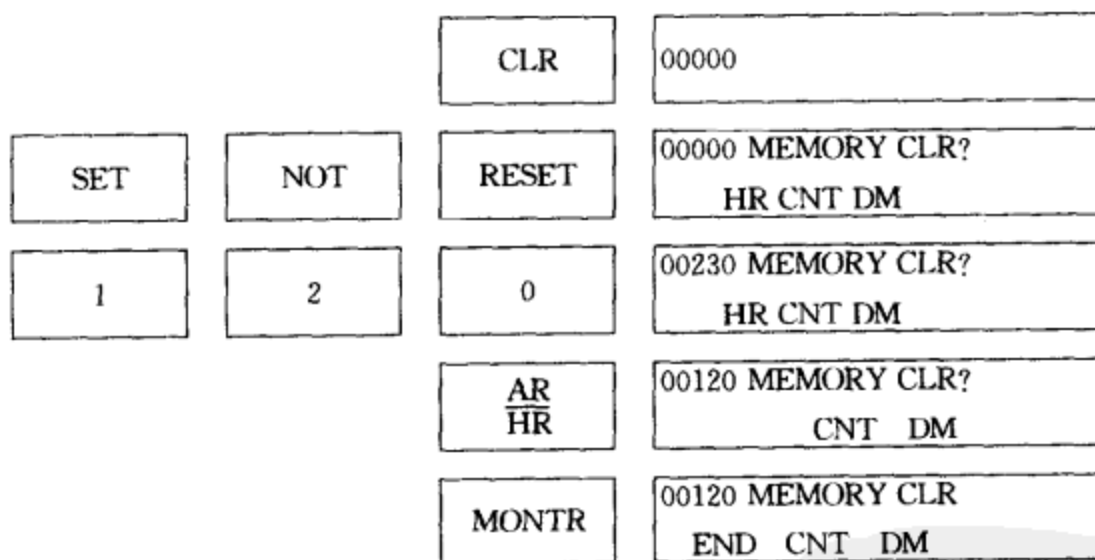


图 6-3 部分清除

若设定的地址超出用户程序的范围,则用户程序不会被清除。如果想保留 CNT 区、DM 区,可像保留 HR 区的操作一样,按下 CNT、DM 键。

2. 地址建立

进入 PROGRAM 状态,回答了口令后,再按下 CLR 键,随着编程器发出的清脆的响声,在显示屏上显示出:00000。表示地址从 00000 开始建立。

如果想建立一个其他地址,则只需键入 5 位数字即可。例如要把地址改到 00596 去,只需按 5、9、6 即可,在显示屏上显示出:00596。

在建立地址时,该地址的内容不被显示出来,但当按一次↑或↓键后,该地址的内容就会显示出来。

3. 程序输入

PLC 处于 PROGRAM 状态下可以输入程序,要先建立程序地址,然后使用指令键和数字键即可输入指令。每输入一条指令后,都要按一次 WRITE 键,然后地址自动加 1,显示下一个地址的指令内容。

例如,在地址 00200 处输入 LD 00002 指令,操作过程及显示内容如图 6-4 所示。

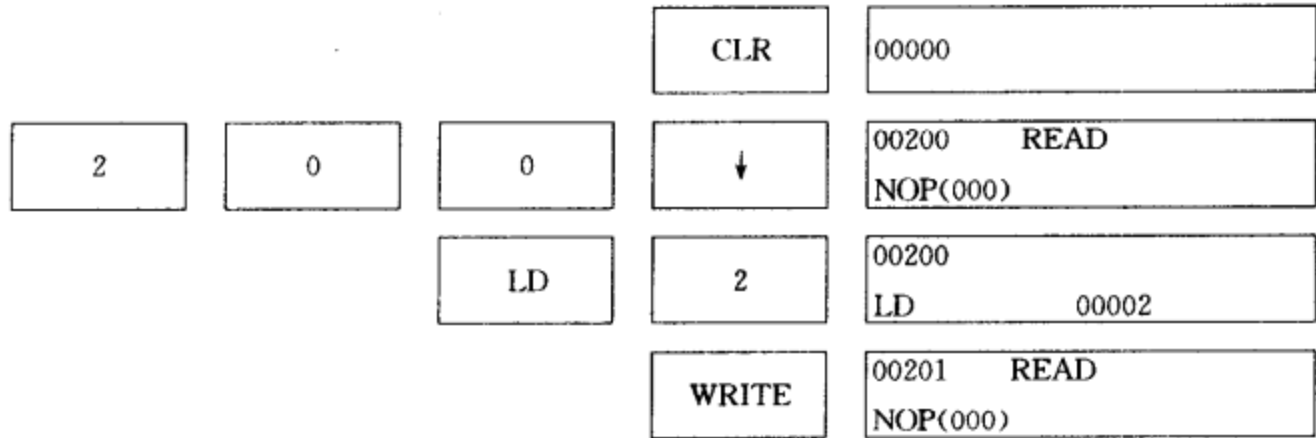


图 6-4 输入程序 1

如果指令是双字节的,当输入指令按 WRITE 键后,地址不加 1,而显示器上显示下一字节内容,再按 WRITE 键后,地址才加 1。

输入应用指令时,应先按下 FUN 键,再输入指令码。例如,在地址 00200 输入: MOV(21) #0150 200 指令,操作过程及显示如图 6-5 所示。

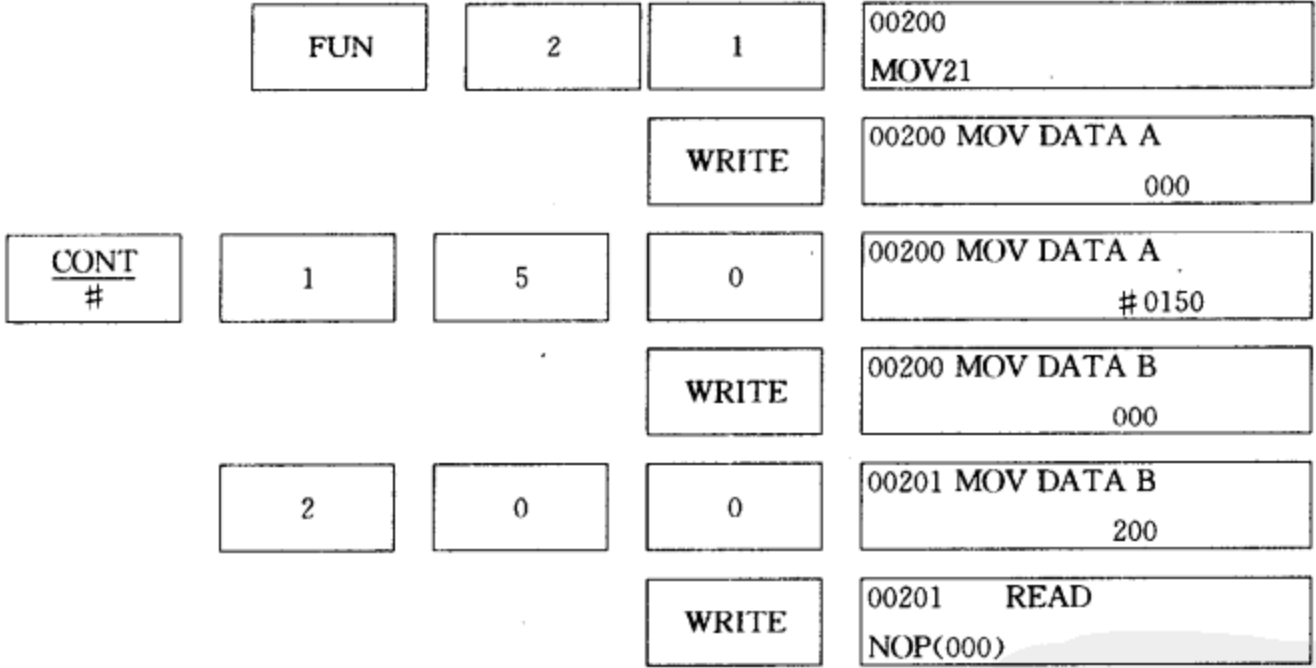


图 6-5 输入程序 2

输入微分型指令时,输入指令后按 NOT 键,表示微分型的“@”就显示出来,再按一次 NOT 键,“@”就消失返回到扫描型。

如果发现输入的程序中有错误的语句,只需在出错的语句上重新输入正确的即可。

4. 程序读出

该操作用于检查用户程序存储器的内容,可在 RUN、MONITOR 和 PROGRAM 方式下进行。

例如,图 6-6 所示的梯形图所对应的指令语句程序已存入内存,现在要读取它,其操

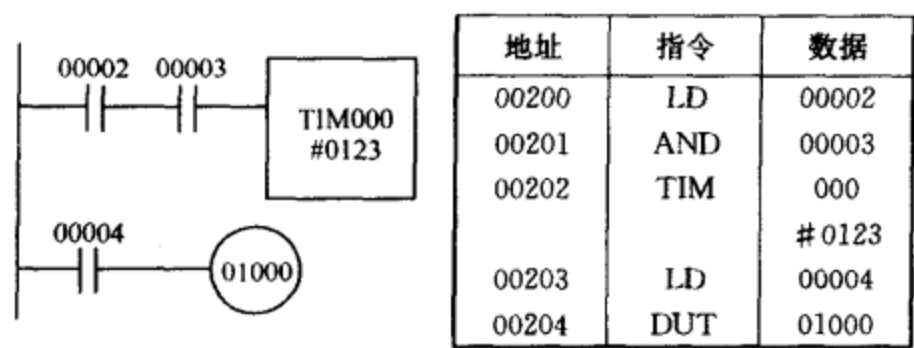


图 6-6 梯形图及指令语句

作如下。

建立地址 200,按 ↓ 键,显示:

00200	READ
LD	00002

按 ↓ 键,显示:

00201	READ
AND	00003

如果这时按 ↑ 键,又显示:

00200	READ
LD	00002

这样利用 ↑、↓ 键,可继续读出程序。

在建立地址后,第一次按 ↑ 或 ↓ 键,读出的是该建立地址的指令或数据,并不在建立地址上减 1 或加 1,而以后再按 ↑ 或 ↓ 键,则地址数就会自动减 1 或加 1。

按住 ↑ 键(或 ↓ 键)不放,则地址号会连续地加 1(或减 1)。

5. 程序检查

程序检查只能在 PROGRAM 状态下进行。按 CLR、SRCH 键,再按下检查级 0、1 或 2 后开始程序检查,如图 6-7 所示。

CLR	00000
SRCH	00000 PROG CHK CHK LBL(0-2)?
0	00310 PROG CHK END(001)00.3KW

图 6-7 程序检查

若程序有错,则显示出错地址和错误内容,例如,错误语 OUT 00200,程序检查时会出现如下:

00178	CIRCUIT ERR
OUT	00200

每按 SRCH 键一次,就会显示下一个出错地址。若没有 END 指令,则一直检查到最大地址,并显示如下内容,提示没有结束指令 END。

2047 NO END INST

END

程序错误类型分为 A、B、C 三类。A 类错误影响程序的正常执行,必须通过检查并修改程序消除之。0 级检查用于检查 A、B、C 三类错误,1 级检查用于检查 A、B 两类错误,2 级检查用于检查 A 类错误。表 6-1 为程序出错检查表。

表 6-1 程序出错检查表

等级	出错显示	处 理
A	?????	程序已被破坏,应重新写入程序
	NO END INSTR	程序的结尾没有 END 指令,应在程序结尾处写入 END 指令
	CIRCUIT ERR	程序逻辑错误。这种错误大多是由于多输入或少输入了一条指令所致,应仔细检查程序,并修正之
	LOCN ERR	当前显示的指令在错误的区域
	DUPL	重复错误。当前使用的子程序编号或 JME 编号在程序中已使用过,应改正程序,使用不同的编号
	SBN UNDEFD	调用的子程序不存在
	JME UNDEFD	一个转移程序段有首无尾,即对于一个给出的 JME 没有相应的 JMP 与之对应
	OPER AND ERR	指定的可变操作数据错误,检查程序并改正之
	STEP ERR	步进操作错误,检查并修改程序
B	IL-ILC ERR	IL-ILC 没有成对出现。它不一定是真正的错误,因为有时就需要 IL-ILC 不成对出现,检查并确认该处程序是否有错
	JMP-JME ERR	JMP-JME 没有成对出现,检查并确认该处程序是否真正有错
	SBN-RET ERR	SBN-RET 没有成对出现,检查并改正程序
C	JMP UNDEFD	对一个给出的 JME 没有 JMP 与之对应,检查并改正程序
	SBS UNDEFD	一个定义的子程序没有调用过。对于中断子程序来说,出现这种情况是正常的
	COIL DUPL	一个位号被多次用作输出,检查并确定程序是否真正有错

除了这三类错误能用程序检查的方法检查出来之外,还有些语法错误在程序输入时即被检查出来,并由系统监控程序阻止这些非法指令或数据的输入。

6. 指令检索

编号的程序被输入到 PLC 的程序存储器中,若检索其中的某条指令,操作如下:

- (1)使用 CLR 键,建立开始检索的首地址。
- (2)键入要检索的指令。
- (3)按下 SRCH 键,显示屏上显示出要检索的指令内容及地址。
- (4)按下 ↓ 键,显示出操作数(对于多操作数的指令)。

若要继续向下检索,可重复按 SRCH 键,一直检索到 END 指令。如果程序中无 END 指令,则一直可找到程序存储器的最后一个地址。

例如,已输入 PLC 的程序如图 6-8 所示,要检索 LD 00002 指令,操作如下:

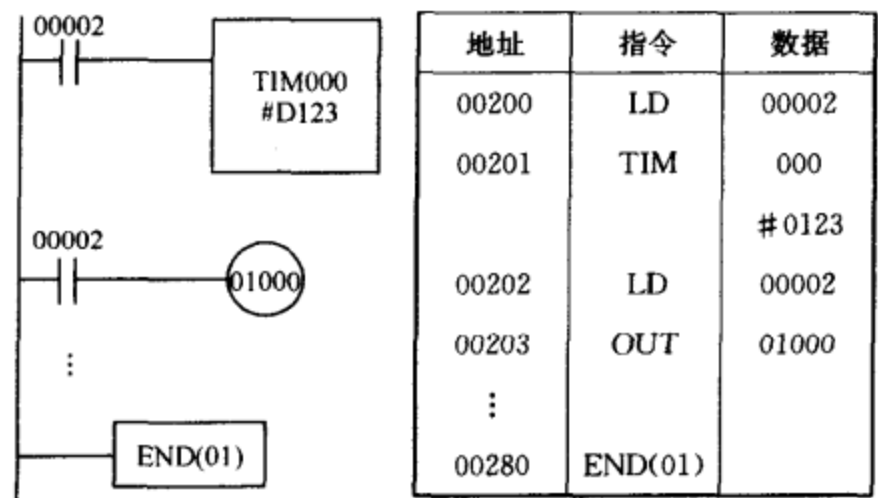


图 6-8 指令检索

- (1)按 CLR 键清除显示,按 2、0、0 键。
 - (2)输入要检索的指令,按 LD、2 键。
 - (3)按 SRCH 键。
- PLC 开始检索,显示屏上显示:

00200	SRCH
LD	00002

表示 00200 地址的指令是 LD 00002。再按 SRCH 键,显示:

00202	SRCH
LD	00002

表示 00202 地址的指令也是 LD 00002。再按 SRCH 键,显示:

00280	SRCH
END(01)	00.8KW

表示从地址 00200 到地址 00280 之间,只有两条 LD 00002 指令。
按照这种方法,可以把程序中所有的同一指令逐条查出。

如果要检索 TIM/CNT 指令的设定值,要先检索到 TIM/CNT 指令,再按 ↓ 键,就显示出要检索的 TIM/CNT 指令的设定数据。

指令检索的操作可在 PROGRAM、MONITOR、RUN 三种方式下进行。

7. 触点检索

该操作是检索已存入存储器中的程序的触点。它可在 PROGRAM、MONITOR、RUN 三种方式下操作,在 MONITOR 和 RUN 方式下可显示该触点的通断状态。方法如下:

- (1)按 CLR 键,输入开始检索的地址。
- (2)按 SHIFT、 $\frac{CONT}{\#}$ 键及要查找的触点号。
- (3)按 SRCH 键,这时含有触点的指令就显示出来,例如,对图 6-8,如检索触点号是 00002,则显示:

00200	CONT	SRCH
LD		00002

再按 SRCH 键,又显示:

00202	CONT	SRCH
LD		00002

(4)继续按 SRCH 键,直到检索到 END 指令为止。此时显示:

00280	CONT	SRCH
END(01)		00.8KW

本操作和指令检索的操作基本相同。只要在指令检索的操作中,PLC 检索的关键字是一条指令,而本操作中 PLC 检索的关键字是一个触点。

8. 指令插入

本操作只能在 PROGRAM 状态下进行。其目的是把一条指令插入到已存入存储器的程序中,本操作使用 INS 键。

例如,现欲将 AND 00102 指令插入到图 6-9 箭头所指的位置,其操作如下:

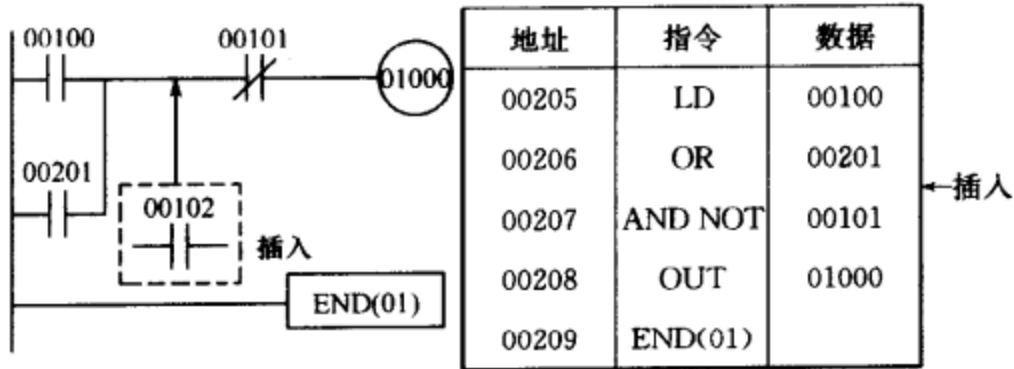


图 6-9 指令插入

(1)找到 AND NOT 00101 语句(可用指令读出、指令检索、触点检索操作),如图 6-10 所示。

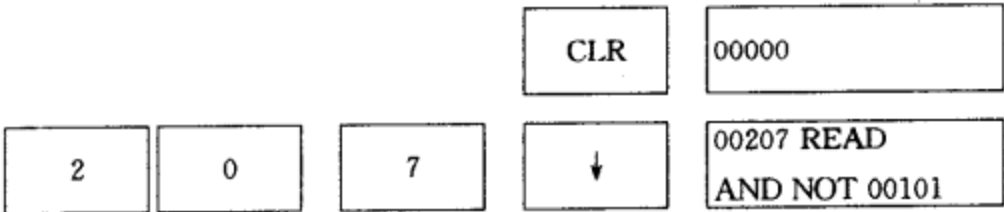


图 6-10 找 AND NOT 00101 语句

(2)输入 AND 00102 指令,按 INS 键,这时显示“INSERT?”提示,如图 6-11 所示。

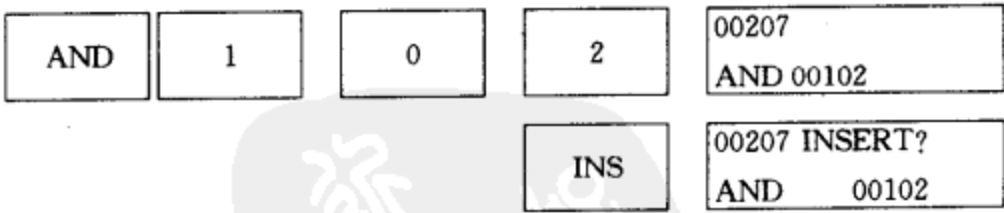


图 6-11 插入 AND 00102 指令

(3)按 ↓ 键,本指令就插入了,显示内容如下:

00208	INSERT	END
AND NOT		00101

后面指令的地址将自动加 1。若插入多字节指令,在输入指令助记符后,要继续输入其操作数,每输入一个操作数时要按一次 WRITE 键。

9. 指令删除

对应指令插入操作,有一个指令删除操作,它也在 PROGRAM 方式下进行,删除指令使用 DEL 键。

对于图 6-12 的示例,如打算删除 AND NOT 00101 指令,其操作是:

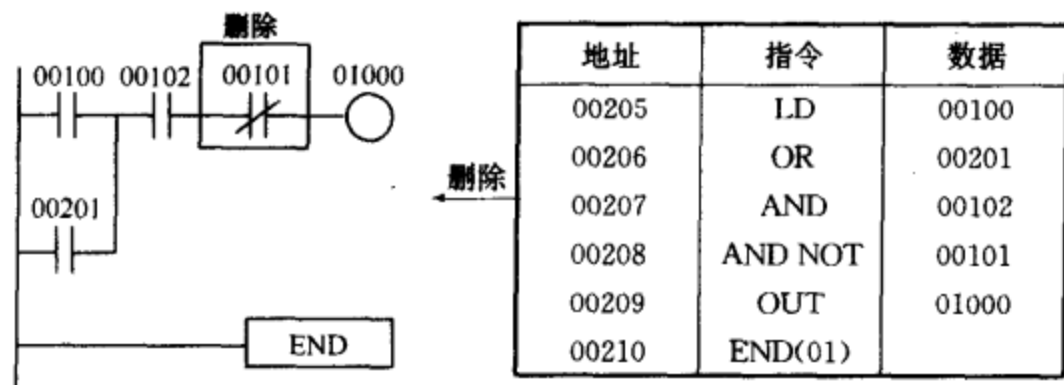


图 6-12 指令的删除

- (1)找到 AND NOT 00101 指令。
- (2)按 DEL 键,这时显示“DELETE?”提示,显示如下:

```
00208  DELETE?
AND   NOT   00101
```

- (3)按 ↑ 键,显示中的指令被删除,后面的指令地址自动减 1,显示如下:

```
00208  DELETE  END
OUT      01000
```

当删除多字节指令时,操作数也一齐被删除。

10. 位、数字和字监视

本操作可以在 MONITOR、RUN 方式进行。它可以监视 I/O、IR、AR、HR、SR、LR 的状态,也可以监视 TIM/CNT 的状态及数据内容。在 MONITOR 及 RUN 状态下,本操作对于使用者调试程序很有用处。

1)TIM/CNT 的监视

该操作用于对 TIM/CNT 的当前值(PV)及状态的监视。操作如下:

- (1)按 CLR 键,清除显示屏。
- (2)再按 TIM 或 CNT 键,键入相应的 TC 号 000。
- (3)按下 MONTR 键,即可看到 TIM/CNT 的动态变化情况,例如,屏幕显示如下:

```
T000
0123
```

屏幕中的 0123 是 TIM000 的当前值,如果是在 MONITOR 或 RUN 方式下,会看到 TIM 的数据每隔 100ms 减 1(在开始定时的情况下),直到减为 0000,此时屏幕显示如下:

```
T000
O0000
```

在 0000 前的字母 O 表示 TIM000 继电器 ON。使用 ↑ 或 ↓ 键可以改变 TIM/CNT 号,以观察其他 TC 号的 TIM/CNT。

2)位监视

该操作用于监视 I/O、IR、AR、HR、SR、HR 位的状态是 ON 还是 OFF。例如要监视输入继电器 00006 点的状态,具体操作如下:

按 CLR、SHIFT、 $\frac{CONT}{\#}$ 键,键入被监视的位号 6,按 MONTR 键,显示如下:

00006
Λ ON

按 ↑ 或 ↓ 键,可以监视当前显示位的前后位的状态。若要再监视另一个位,则可以键入位号再按 MONTR 键。

3)通道监视

该操作以通道为单位进行监视,它可以监视 IR、AR、HR、SR、LR、DM 等通道的状态及数据内容。例如要监视链接继电器 LR01 通道的内容,具体操作如图 6-13 所示。

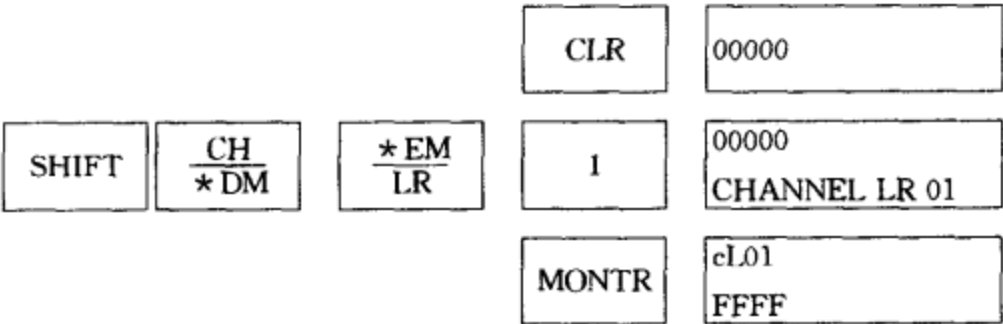


图 6-13 通道监视

按 ↑ 或 ↓ 键,可以监视当前通道的前后通道,如观察 LR00 的内容,需按 ↑,显示内容如下:

cL00
0301

按 SHIFT、MONTR 键,可在当前状态下,以位为单位进行监视。例如,查看 LR00 通道中每位的状态,操作及显示如图6-14所示。



图 6-14 观察 LR00 每位的状态

4)监视程序内的位、通道

当 PLC 处于 RUN 或 MONITOR 方式下,按 CLR 键,给出程序地址,再按 ↑ 或 ↓ 键,可在显示屏上观察到各继电器、TIM/CNT、数据存储器的状态。

例如,若显示为:

00300 READ ON
LD 00005

表示这时输入继电器 00005 接通。

若显示为:

00306 READ OFF
OUT 01002

表示这时输出继电器 01002 断开。

若显示为：

00009	READ	ON
CNT		000

表示计数器 CNT000 当前输出为 ON。

11. 多点监视

该操作可以在 MONITOR、RUN 方式进行。最多可以同时监视六个点或通道。
例如，第一个监视 TIM000。按 CLR、TIM 和 MONTR 键，显示如下：

T000
0100

第二个监视 00001 点，按 SHIFT、 $\frac{CONT}{\#}$ 、1 和 MONTR 键，显示如下：

00001	T000
\wedge OFF	0100

再监视 DM 通道，按 DM 和 MONTR 键，显示如下：

D0000	0001	T000
0000	\wedge OFF	0100

从上面的例子可以看到，当监视第一个点或通道时，它显示在左边，当第二、第三个点或通道要监视时，第一个点或通道就向右边移动。如被监视的点为 4 个时，第一个点在显示屏上不见了，它存于内部寄存器中去了，这时在显示屏上从左到右显示的是第四个点、第三个点、第二个点。它们形成了一个环，可以使用 MONTR 键从左边再调出来。寄存器的容量是 3 个，在显示器上显示 3 个，因此最多可以同时监视 6 个点或通道。

在显示器最左边，如果显示的是点，则可以强迫置为 ON 或 OFF。如果在最左边显示的是通道、TIM/CNT、DM 等则可以改变它们的值。如果想要监视第七个数据，则显示器最先监视的那个被挤出，且丢失。

12. 修改 TIM/CNT 的设定值 1

在 MONITOR 方式下，在执行程序时能够改变 TIM/CNT 的设定值 1。设图 6-8 所示的梯形图程序已存入，修改定时器 TIM000 的设定值，则操作过程及相应显示如图 6-15 所示。

若将设定值改变为一个通道的值，则按 CHG、SHIFT、 $\frac{CH}{*DM}$ 键及通道号，最后按

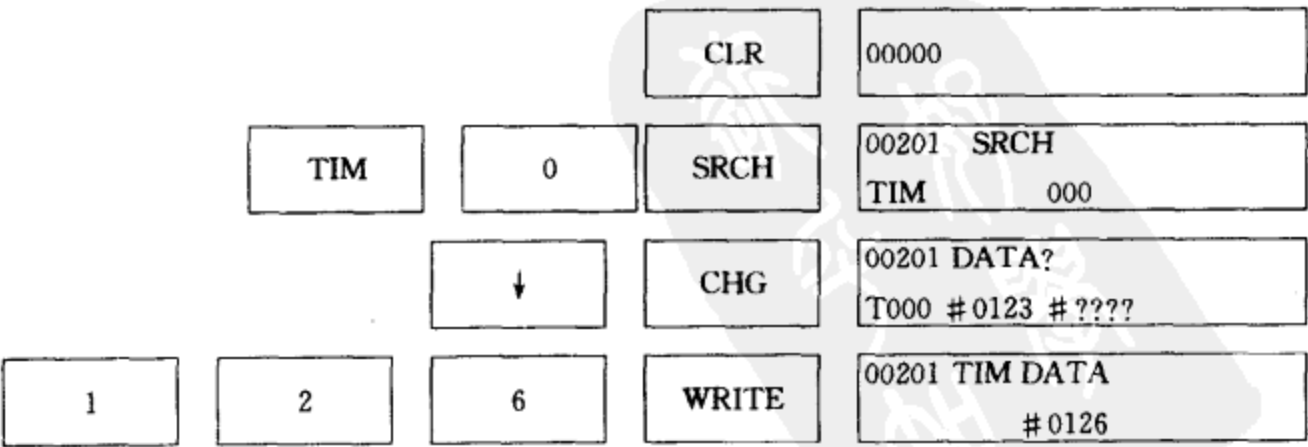


图 6-15 修改 TIM000 的设定值

WRITE 键。

13. 修改当前值 1

修改当前值 1 用来改变 I/O 通道、内部辅助继电器通道、HR 通道和 DM 通道的当前值，TIM/CNT 的当前值是 4 位十进制数，而其他通道内容为 4 位十六进制数。

这个操作可在 PROGRAM 及 MONITOR 方式下操作。首先对被修改的通道或 TIM/CNT 进行监视，然后按下 CHG 键，键入修改后的数值，按下 WRITE 键，即可改变通道内容或 TIM/CNT 的当前值。

例如，修改数据存储器 DM1000 通道的内容，将其内容由 0119 改为 0200，操作过程及显示内容如下：

按 CLR、EM/DM 及 1、0、0、0 键，再按 MONTR 键，显示如下：

D0000
0119

按 CHG 键，显示如下：

PRES VAL?
D1000 0119 ???

键入 0200，显示如下：

PRES VAL?
D1000 0119 0200

按 WRITE 键，即完成了此操作，显示如下：

D0000
0200

14. 强制置位/复位

使用 SET 或者 RESET 键可以把 I/O 点、内部辅助继电器、HR 及 TIM/CNT 等的状态强制置为 ON 或者 OFF。该操作在 PROGRAM、MONITOR 方式下执行，在 RUN 方式下不能执行。

强制置位或复位的操作如图 6-16 所示。

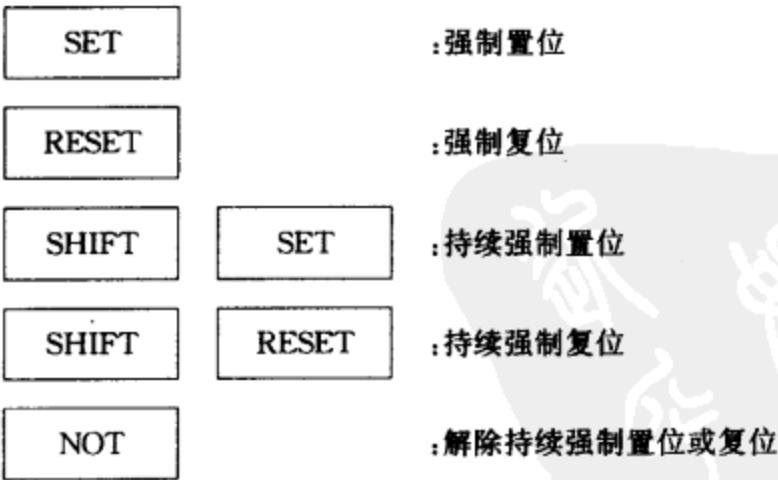


图 6-16 强制置位或复位

如图 6-17 所示，首先指定要强制 ON/OFF 的线圈或者触点，例如把输出线圈 01000 强制置为 ON/OFF 的操作如下：

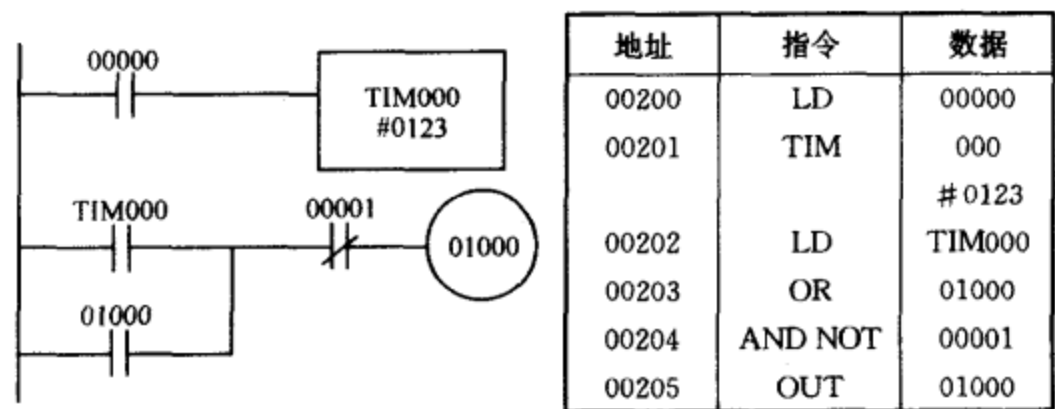


图 6-17 梯形图和指令语句

按 CLR、OUT、1、0、0、0 键,显示如下:

```
00000
OUT      01000
```

然后按 MONTR 键监视它的状态,显示如下:

```
01000
Λ OFF
```

现在把它强制置为 ON,按 SET 键,显示如下:

```
01000
Λ ON
```

再按 RESET 键把它强制置为 OFF。

如果对 TIM/CNT 执行强制 ON/OFF 操作。在强制 ON 时,把 TIM/CNT 的当前值置为 0000;而对之施行强制 OFF 操作时,是恢复 TIM/CNT 的设定值。

另外,在强制 ON/OFF 操作时,要按住 SET、RESET 不松手。

15. 读出扫描时间

当 PLC 处于 RUN 和 MONITOR 方式下,可按 CLR 键和 MONTR 键,读出当前扫描时间的平均值。具体操作如图 6-18 所示。

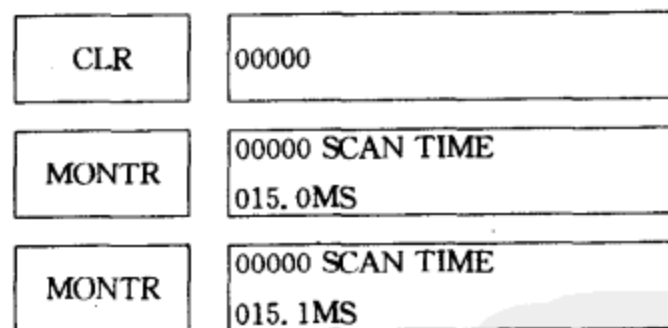


图 6-18 读出扫描时间

可以看出,由于按 MONTR 键的时间不同,每次读出的数值多少有点差别。

第二节 CX-P 编程软件

计算机辅助编程有两个条件:一要将计算机与 PLC 连接起来,以使两者能够相互通信;二要在计算机上安装相应的编程软件(不同的厂家提供的编程软件是不通用的)。

计算机与 PLC 通信常用两种方法:一是通过 HOST Link 单元(上位链接单元)的通信口;二是通过 CPU 单元自带的通信口。通信口一般是 RS232C 口,有时也用 RS422 口。

计算机辅助编程的应用越来越广泛。编程软件具有编程器的全部功能,它的功能很强。既可以离线编程也可以在线编程,既可以使用助记符也可以直接使用梯形图进行编程。直接输入梯形图,具有直观、可读性强,编辑、调试方便等优越性。上位机与 PLC 建立通信后,上位机可以监控 PLC 的工作,如改变 PLC 的运行方式、读写 PLC 的数据等,通过这种监控,可进行程序的调试。上位机对用户程序以文件形式管理,可以存储、复制、合并、删除、改名、打印等。上位机与 PLC 可进行程序文件、数据文件的下载或上载操作。编程软件还有一些其他功能,如进行只读存储器的写入,有的还可以对 PLC 网络的参数进行设定。

OMRON PLC 常用的编程软件有 SSS、CPT 以及近期推出的 CX-Programmer。SSS 软件可支持 OMRON 几乎所有的 PLC。只有微型(SP 机)及用流程图编程图编程的机型(CV 机)不支持。SSS 可在 DOS 环境下安装与运行,1.2 以上 SSS 版本也可在 Windows95 下安装。CPT 软件的名称为 SYSMAC-CPT,是基于 Windows 平台的编程软件,CPT 可以用梯形图和助记符进行编程,两者可以相互转换。CPT 对 OMRON 几乎所有的新机型都适用,包括 CV 机,只是它不能用流程图编程。随着新机型 CS1、CQM1H 的推出,OMRON 近期推出了功能更为强大的视窗编程软件 CX-Programmer,简称 CX-P。下面以 CX-P 软件为例介绍其基本使用方法。

一、CX-P 编程软件简介

CX-P 在 Windows 环境下运行,具有比 CPT 更加强大的显示/监控功能和完善的调试功能、维护功能,使程序开发、系统维护更为简单和有效。

CX-P 提供了结构化编程、多任务程序开发的新方法。可以一人同时编写调试多个 PLC 的程序,也可以多个人同时编写调试同一 PLC 的多个任务程序。

CX-P 具有远程编程和监控功能(SSS 和 CPT 也具有此项功能),上位机通过被连接的 PLC 可以访问本地网络或远程网络的 PLC,上位机也可以通过 Modem 利用电话线访问远程 PLC。

CX-P 对 Windows 应用软件的数据具有兼容性,例如,I/O 分配表(包括符号、地址和 I/O 注释)可输入到 Microsoft Excel 的表格中,然后由 CX-P 调用。这样在 I/O 地址具体分配之前,用符号名称来代表就可以进行程序开发了。

CX-P 可以用梯形图和助记符进行编程,两者可以相互转换。

CX-P 对 OMRON 所有的新机型都适用,包括 CV 机,只是它不能用流程图编程。

二、CX-P 编程软件的使用

1. CX-P 的启动

- (1)从 Windows 开始菜单中启动 CX-P 软件后,出现图 6-19 所示的窗口。
- (2)单击“文件”菜单中的“新建”,出现图 6-20 所示的“改变 PLC”对话框。
- (3)在“设备名称”栏输入用户为 PLC 定义的名称,如输入“PLC1”。

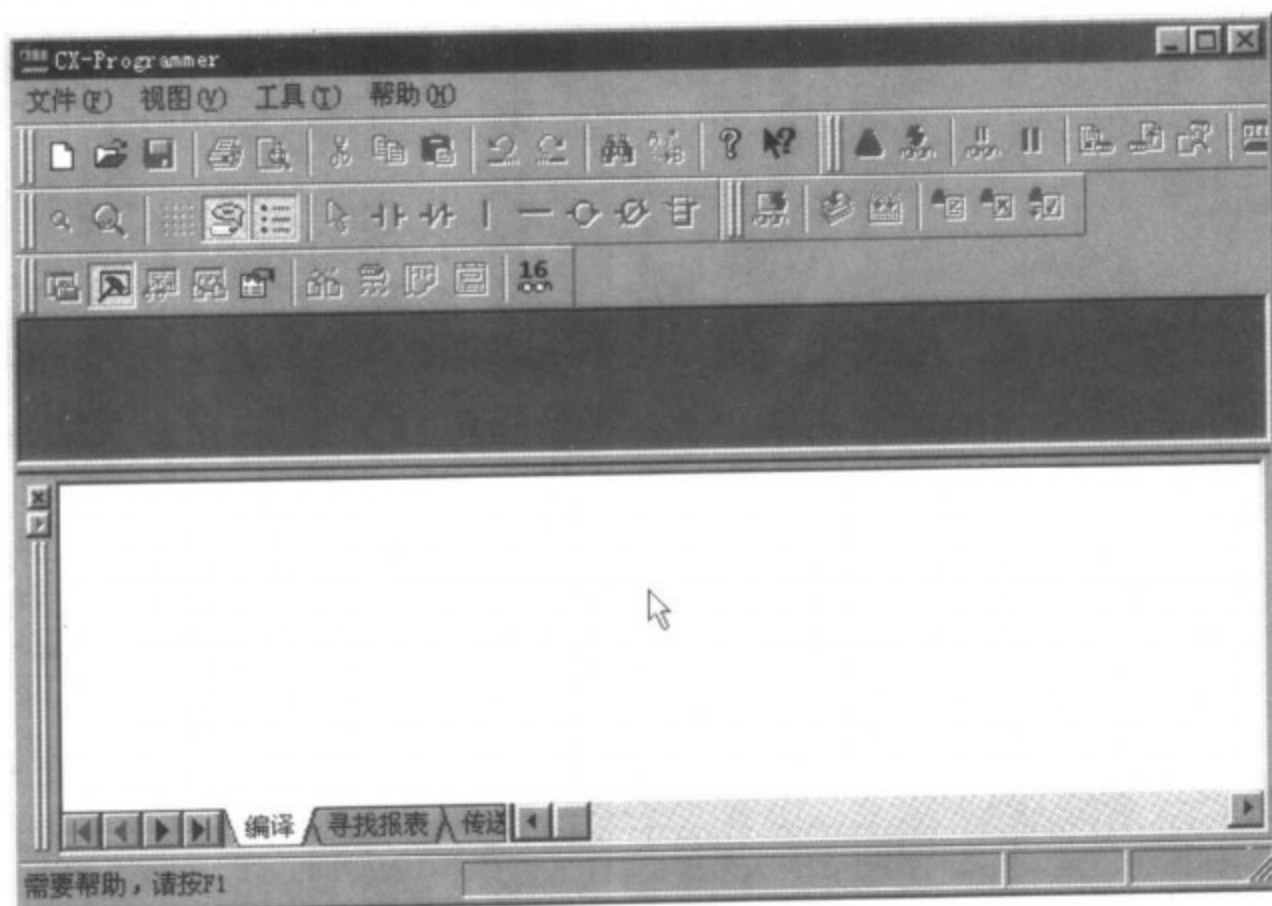


图 6-19 CX-P 启动窗口

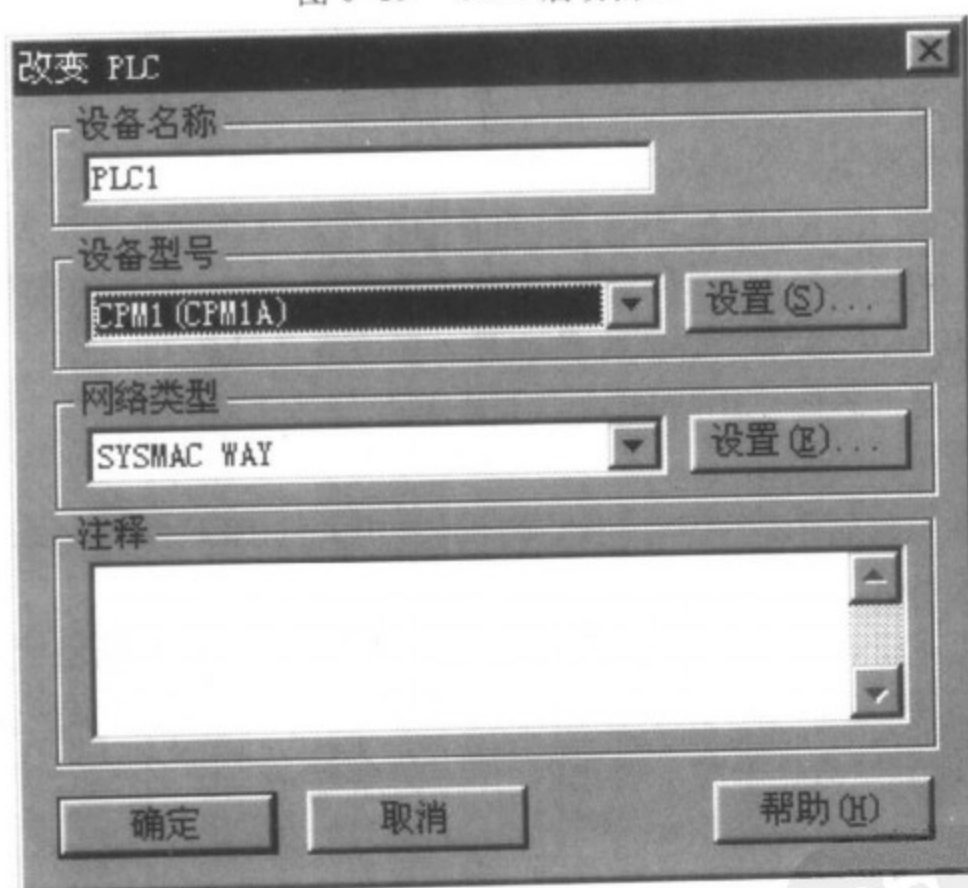


图 6-20 “改变 PLC”对话框

(4)在“设备型号”栏选择 PLC 的系列,这里选择“CPM1(CPM1A)”。单击“设置”按钮可进一步配置 CPU 型号,可根据需要选择 CPU10~CPU40。

(5)在“网络类型”栏选择 PLC 的网络类型,这里选择“SYSMACWAY”。单击“设置”按钮,出现“网络设定”对话框,可对网络进一步进行设定。计算机与 PLC 的通信参数应设置一致,否则不能通信。

(6)在“注释”栏输入与此 PLC 相关的注释。

(7)单击“确定”按钮,显示图 6-21 所示 CX-P 主窗口,表明建立了一个新工程。

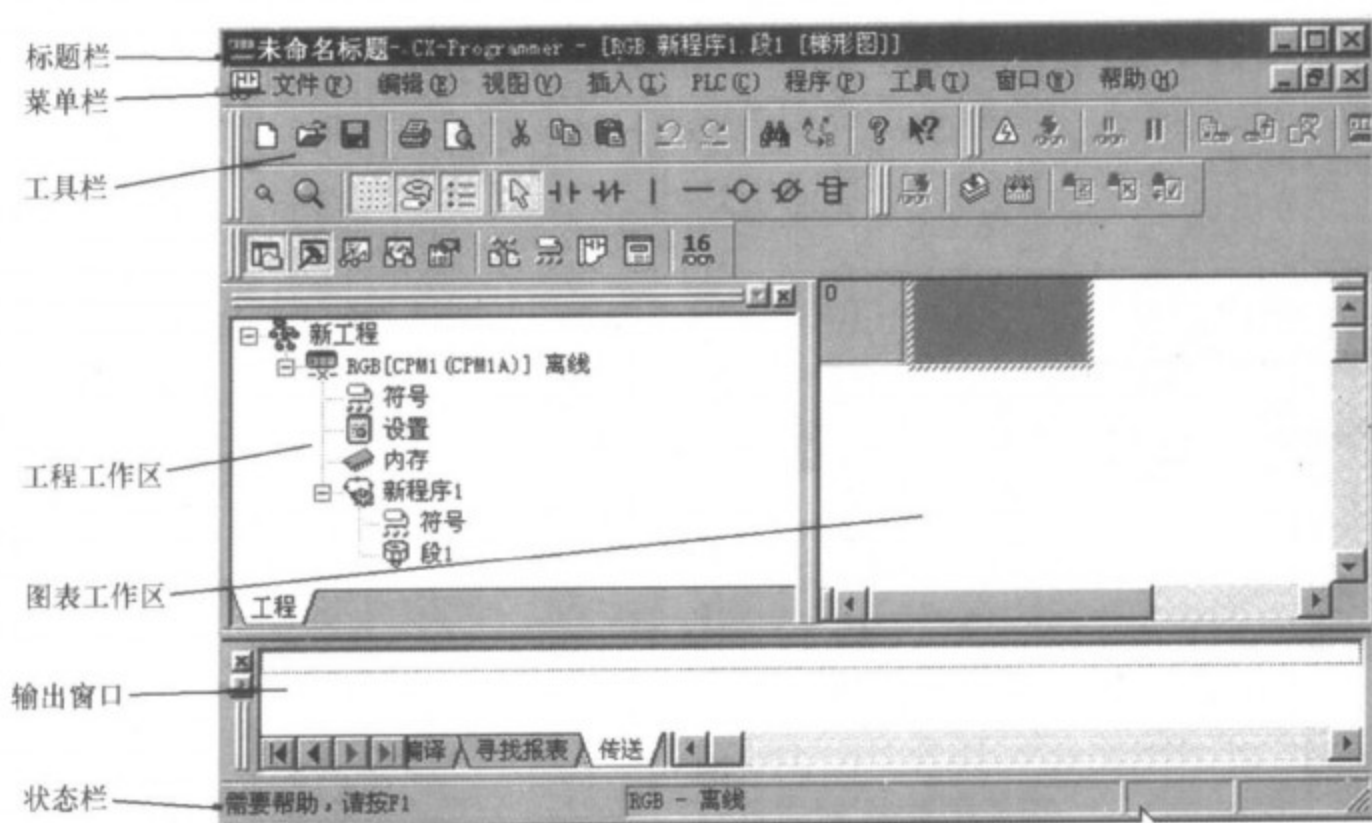


图 6-21 建立 CX-P 新工程后的窗口

重点提示 CX-P 主窗口主要由标题栏、菜单栏、工具栏、工程工作区、输出窗口、图表工作区和状态栏等几部分组成。其中,标题栏、菜单栏、工具栏和状态栏和其他 Windows 应用软件功能类似。

工程工作区用来显示一个工程的分层树形结构。一个工程下可生成多个 PLC,每一个 PLC 包括全局符号、设置、内存、程序等,而每一个程序包括本地符号表和程序段。

图表工作区是编辑梯形图和助记符程序的区域。当建好一个新的工程或者把一个新的 PLC 添加到工程中时,图表工作区将显示一个空的梯形图视图。

输出窗口可以显示编译程序结果、查找报表和程序传送结果等。

2. CX-P 工程

工程工作区将工程显示成一个树形结构,展示相关的 PLC 和程序细节,工程中的每一个项目都有图标相对应,如图 6-22 所示。

对工程中的某一项目进行操作时,可以右击该项目的图标,出现相关上下文菜单后,选择相应的命令;也可以选中该项目,单击工具栏中的快捷按钮;还可以选中该项目,单击主菜单的选项,出现下拉命令子菜单后,选择相应的命令。

1) 工程

在“新工程”中点击鼠标右键,出现图 6-23 所示的快捷菜单。

通过快捷菜单,可以对工程进行重命名、创建新的 PLC、将 PLC 粘贴到工程中等操作。

2) PLC

在“PLC1[CPM1(CPM1A)]离线”点击鼠标右键,出现图 6-24 所示的快捷菜单。

通过快捷菜单,可以对“PLC”进行修改、剪切、复制、粘贴、删除、符号自动分配等操作。

3) 符号

传统上,PLC 程序员在其程序中使用数值和符号作为操作数。如果没有进一步的文档说明,程序将会变得难以阅读和维护,因为地址没有明显的意义。

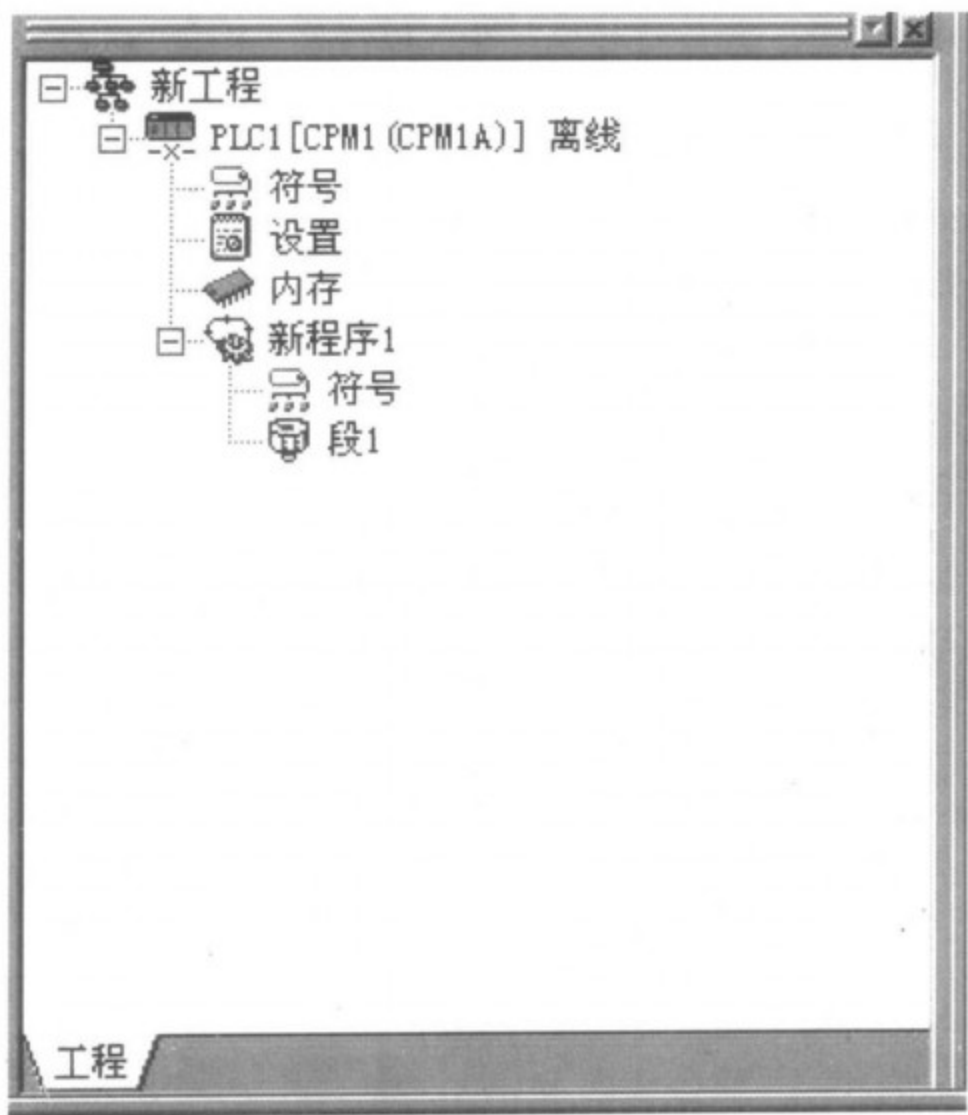


图 6-22 工程工作区的项目

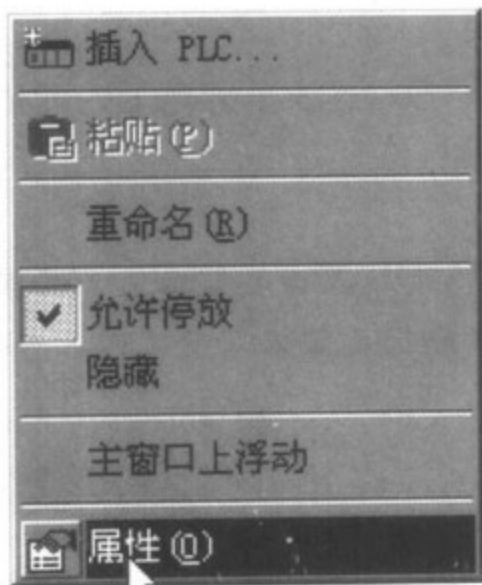


图 6-23 工程的快捷菜单

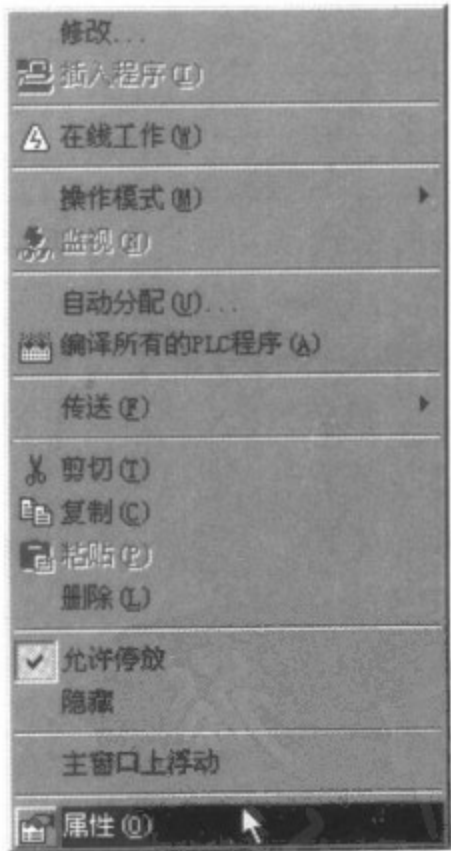


图 6-24 PLC 的快捷菜单

使用符号来编程更加有力,符号是一个具有名称的变量,具有地址或数值。在编程中使用符号的名称,这就使得程序获得了可读性和可维护性。例如,可以改变符号的地址,程序就会自动使用新地址。

此外,CX-P 还允许为一个 PLC 或者程序来定义符号。这就使得程序员可以为一个

程序定义特定的专有符号。程序符号保存在本地符号表中,PLC 符号保存在全局符号表中。

重点提示 一个 PLC 下各个程序都可以使用的符号叫全局符号,为某个程序定义的专有的符号叫本地符号。

除了地址和数值,符号还具有数据类型,见表 6-2。

表 6-2 符号的数据类型

名称	容量	符号	格式	备 注
BOOL	1 位	—	二进制	逻辑二进制的地址(bit)。用于接触点和线圈
CHANNEL	1 个或者多个字	—	任何	非位的地址
DINT	2 个字	有	二进制	双字二进制地址
INT	1 个字	有	二进制	单字二进制地址
LINT	4 个字	有	二进制	4 字二进制地址
NUMBER	—	有	十进制	是一个数字值,不是一个地址。 默认使用十进制,可以使用前缀“#”来表明其是一个十六进制
REAL	2 个字	有	IEEE	浮点数的地址
UDINT	2 个字	无	二进制	双字二进制地址
UDINT_BCD	2 个字	无	BCD	双字 BCD 地址
UINT	1 个字	无	二进制	单字二进制地址
UINT_BCD	1 个字	无	BCD	单字 BCD 地址
ULINT	4 个字	无	二进制	4 字二进地址
ULINT_BCD	4 个字	无	BCD	4 字 BCD 地址

由于符号的格式已知, CX-P 能够以正确的方式来监视符号的内容。更重要的是, CX-P 能够检查符号是不是以正确的方式被使用。

例如,可以将一个符号定义为“UINT_BCD”类型,这表示其地址内的数据是无符号 BCD 格式的单字整数。CX-P 对这个符号进行检验,检查其是否只被使用于 BCD 类型的指令,如果不是,则给出警告。

重点提示 对 PLC 的定时器/计数器,使用 BOOL 数据类型来定义其接触点。例如将“TIM001”定义为 BOOL 类型,使用 NUMBER 数据类型来定义定时器号和设定值;例如将“TIM001”的“001”定义为 NUMBER 类型,将设定值定义为 NUMBER 类型。

4)PLC 设置

双击工程工作区的“设置”,出现图 6-25 所示的对话框。

在该对话框中,可对 PLC 各种系统参数进行设定,设置完毕,将设定传送到 PLC 后,该设置才能生效。

5)PLC 内存

双击工程区的“内存”,出现图 6-26 所示的对话框。

通过“PLC 内存”窗口,可以查看、编辑和监视 PLC 内存区,监视地址和符号,强制位地址以及扫描和处理强制状态信息。

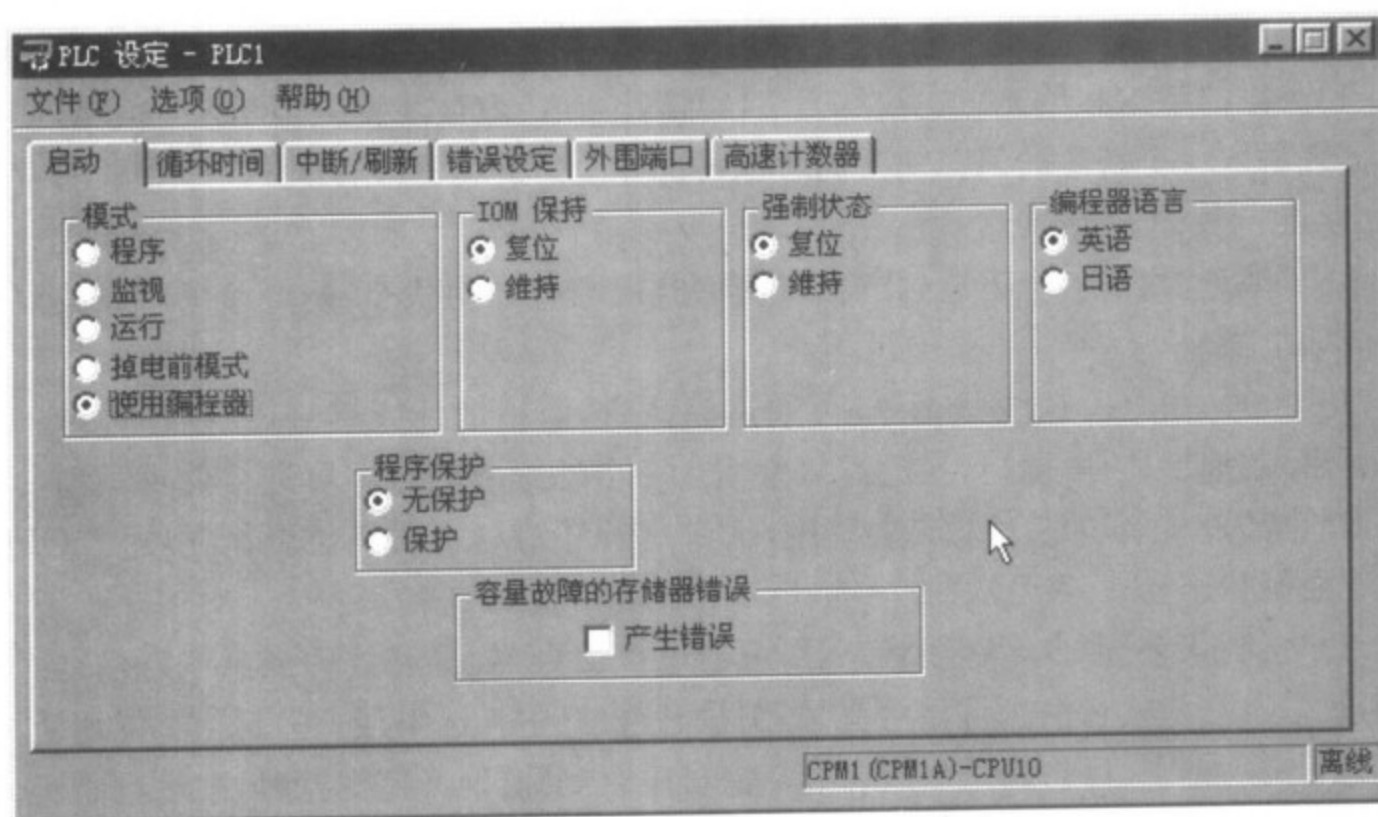


图 6-25 “PLC 设定”对话框

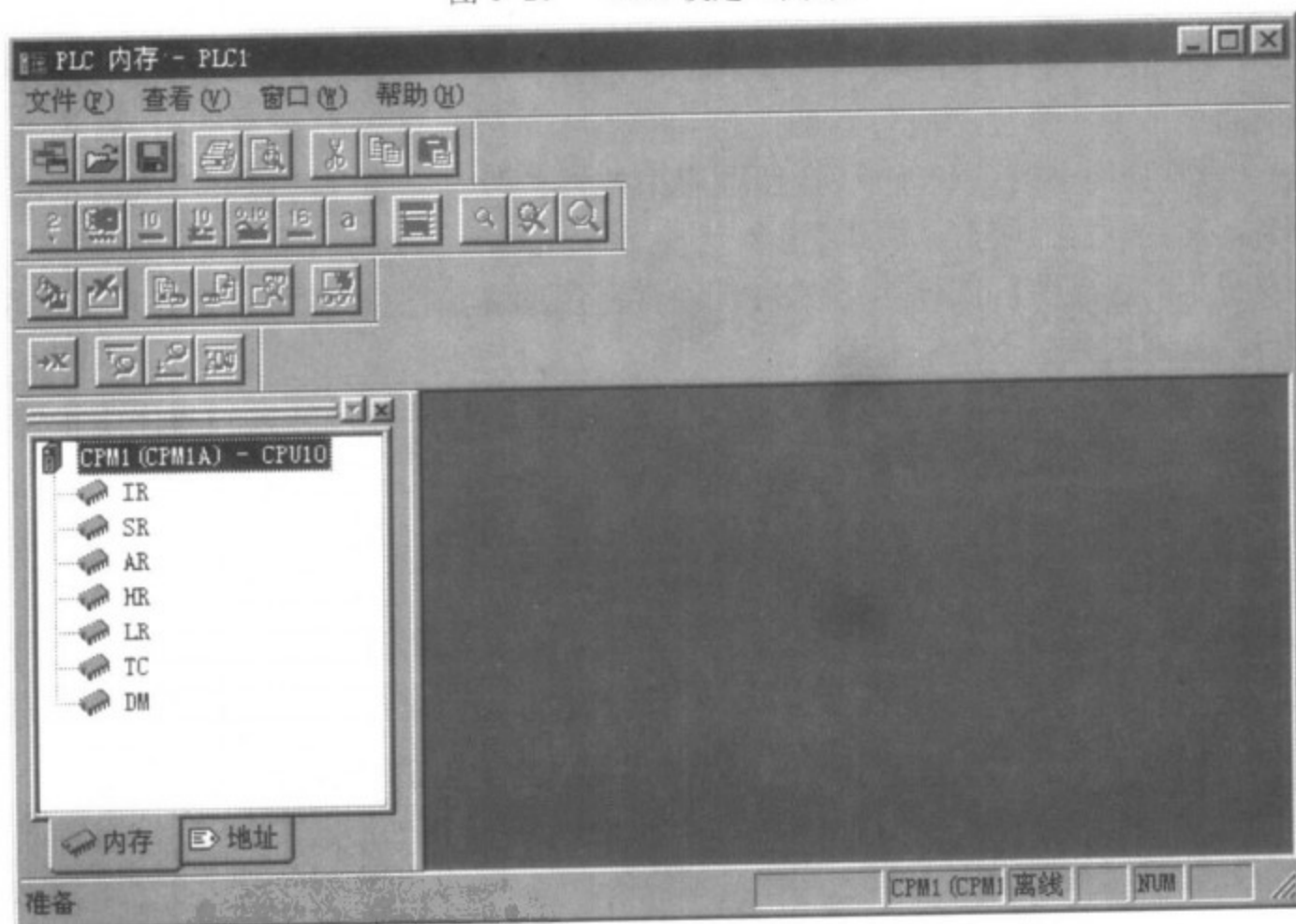


图 6-26 “PLC 内存”窗口

图中,左窗格的下方有两个选项卡“内存”和“地址”。

单击“内存”出现“内存”窗口,在此窗口中可完成如下操作。

(1)数据的编辑。向 PLC 允许读/写操作的内存区输入和修改数据。输入的数据可选择的格式有:二进制、BCD、十进制、有符号十进制、浮点、十六进制或文本。

(2)数据的下载、上载及比较。下载是将计算机已编辑的 PLC 内存区数据下载到 PLC,上载是将 PLC 内存区的数据上传到计算机,比较是将计算机数据与 PLC 内存区比较。这三种操作必须在在线状态下进行。

(3)数据的监视。在线状态下,监视 PLC 内存中某一数据区的数据变化。

(4)数据的清除和填充。在线状态下,可清除 PLC 内存区某一数据区的数据,或向某一数据区添入一个特定的值。输入的数据可选择的格式:二进制、BCD、十进制、有符号十进制、浮点、十六进制或文本。

单击“地址”出现一个窗口,此窗口包含“监视”和“强制状态”两个命令。在此窗口中可完成如下操作。

(1)“监视”命令。在线状态下,可通过该命令,监视地址或符号,强制位地址。双击“监视”出现“地址监视”窗口,在此窗口中输入一个地址或符号即可进行监视。当一个位正在被监视时,从该位的上下文菜单中,选中“强制”命令可对该位强制“ON”、“OFF”或“取消”强制状态。

(2)“强制状态”命令。在线状态下,可通过该命令,扫描和处理强制状态信息。双击“强制状态”,强制状态信息将显示在“强制状态”窗口中。选中某一强制状态位地址,从该位的上下文菜单中,可将其从“强制状态”窗口中复制到“地址监视”窗口中进行监视;也可清除所有的强制位;还可更新强制状态窗口。

6)程序段

为了便于对大型程序的管理,可以将一个程序分成一些有定义、有名称的段,在程序名称下面显示了一个程序所包含的段的列表。一个程序可以分成多个段,如段 1、段 2 等,一个段就如同书的一章,PLC 按照顺序来搜索各段。程序中的段可以重新排序或重新命名,最后的段必须包含“END”指令。

在特定的程序中,可以使用段来存储经常使用的算法,这样就可以把段作为一个库,能够将其复制到另一个程序里面去。

对项目“段”进行的操作有:打开梯形图、打开助记符、将显示转移到程序中指定的位置、剪切、复制、粘贴、删除、上移、下移、重命名等。

CX-P 允许在在线状态下上载一个单独的段。程序段不能单独被下载,要下载一个程序段,要先把这个段复制到一个完整的程序中去。

3. CX-P 视图

利用图 6-27 所示查看工具栏按钮,可对 CX-P 的视图进行切换。

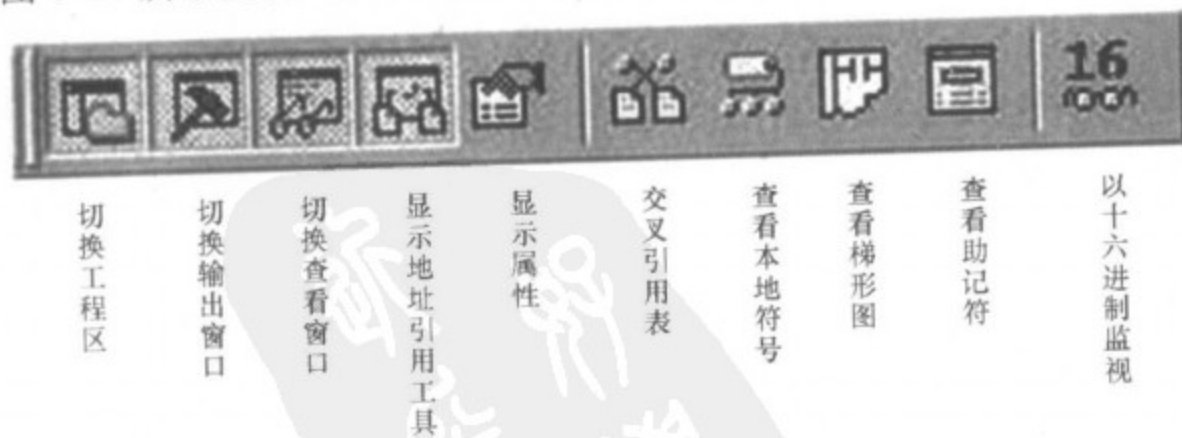


图 6-27 查看工具栏按钮

(1)工程工作区 打开工程文件后,单击工具栏中的“切换工程工作区”按钮,可以激活此视图,再次单击该按钮将关闭此视图。

(2)梯形图视图 选中工程工作区中的段 1,单击工具栏中的“查看梯形图”按钮(或

双击段 1), 将显示梯形图视图。

(3) 助记符视图 助记符视图是一个使用助记符指令进行编程的格式化编辑器。选中工程工作区中的“段 1”, 单击工具栏的“查看助记符”按钮, 将显示助记符视图。

(4) 输出窗口 单击查看工具栏的“切换输出窗口”按钮, 可以激活此窗口, “输出”窗口通常显示在主窗口的下方。再次单击“切换输出窗口”按钮可关闭此窗口。

(5) 查看窗口 单击查看工具栏的“切换查看窗口”按钮, 可以激活此窗口。“查看窗口”通常显示在主窗口的下方, 它显示程序执行时 PLC 内存的值。再次单击“切换查看窗口”按钮将关闭此窗口。

(6) 地址引用工具 单击查看工具栏的“显示地址引用工具”按钮, 可以激活此窗口。该窗口显示出在梯形图程序中所选择的地址的相关信息。

(7) 交叉引用表 单击查看工具栏中的“交叉引用表”按钮, 可打开“交叉引用表”窗口。交叉引用表可用来检查内存区不同数据区的符号的使用。在程序出现问题时, 可以用来检查指令设置的值。这可以使编程者能有效地使用存储器资源。

三、CX-P 编程

CX-P 编程主要包括生成符号和地址、创建一个梯形图程序、编译程序、把程序传送到 PLC 以及从 PLC 传出, 将一程序同 PLC 程序进行比较, 在执行期间进行监视, 执行在线编辑(如果需要)。下面以一个交通灯控制为例介绍 CX-P 编程的方法, 交通灯工作情况是: 红灯亮→5s 后红灯和黄灯同时亮→5s 后绿灯亮→5s 后黄灯亮→5s 后红灯亮。

为编写交通灯控制程序, 首先建立一个新工程, 单击“文件”菜单中的“新建”, 出现“改变 PLC”对话框。在对话框的“设备名称”栏中输入“PLC1”, “设备型号”栏中选择“CPM1 (CPM1A)”, 从其“设置”中选择“CPU10”, “网络类型”栏中选择“SYSMACWAY”, 从其“设置”中设置适当的通信参数。

1. 生成符号和地址

双击工程工作区中的“本地符号表”图标, 打开本地符号表, 单击菜单中的插入→符号, 出现图 6-28 所示的“新符号”对话框。

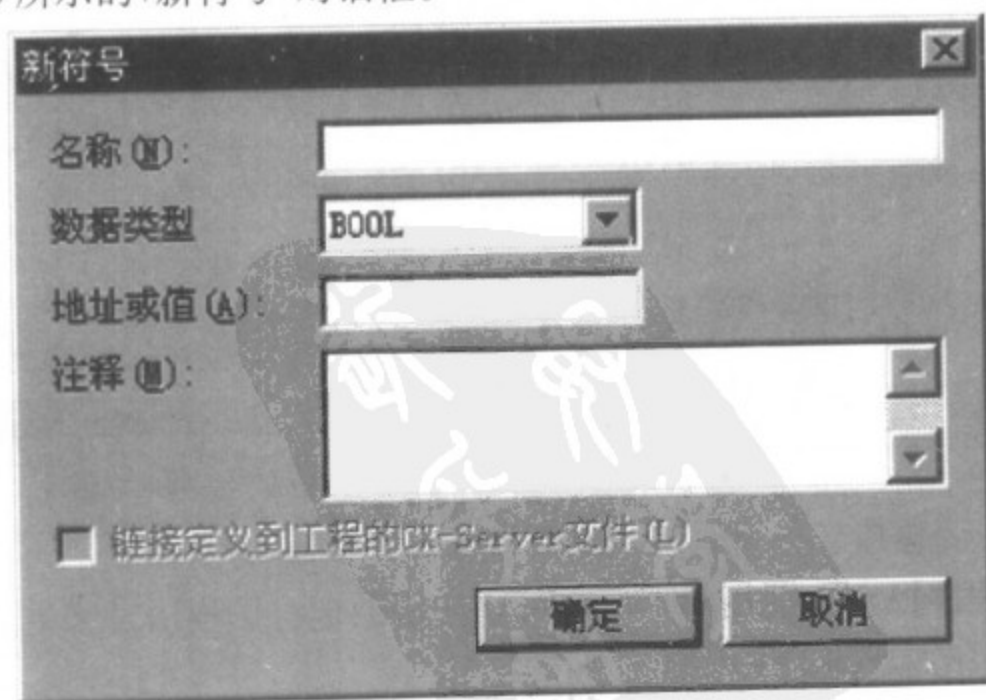



图 6-28 “新符号”对话框

(2)编辑接触点 单击梯形图工具栏中的 (新建常闭接点)按钮,将其放在 0 号梯级的开始位置,将出现图 6-30 所示“新的常闭接点”对话框。

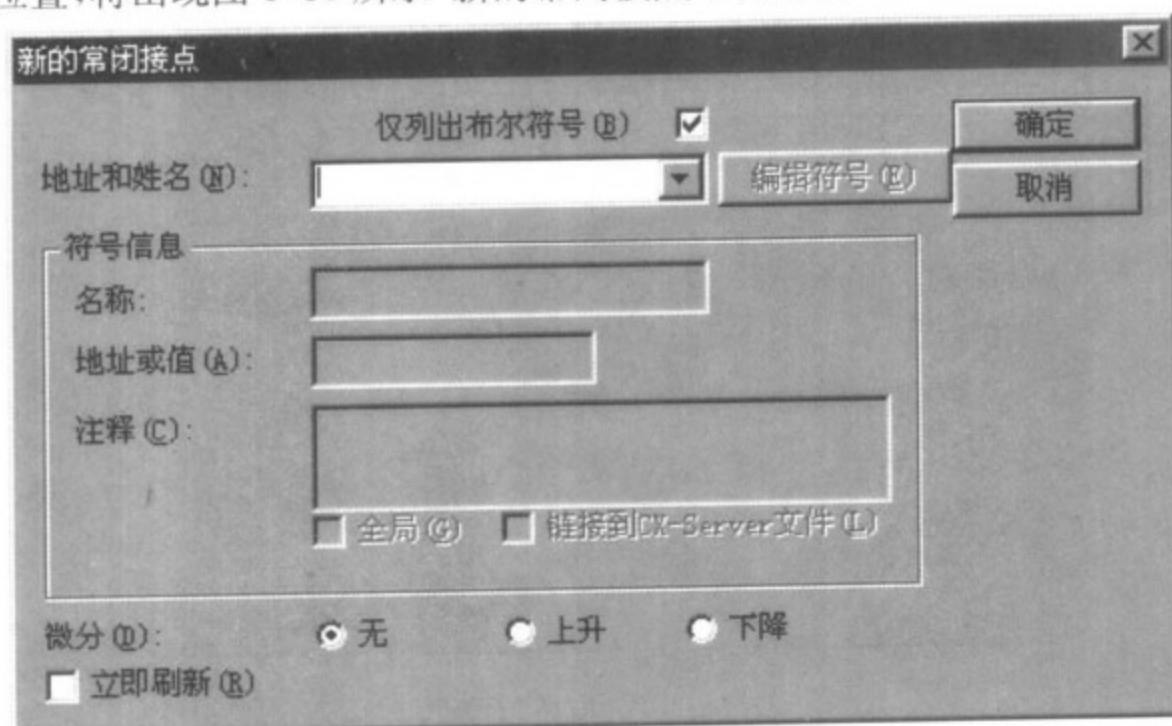


图 6-30 “新的常闭接点”对话框

在“地址和姓名”栏输入接触点的地址或名称,如 YTimerDone。单击对话框中的“确定”按钮,梯级边缘将显示一个红色的记号,这表明这个梯级没有被完成,CX-P 认为出现了一个错误。完成后的情况如图 6-31 所示。

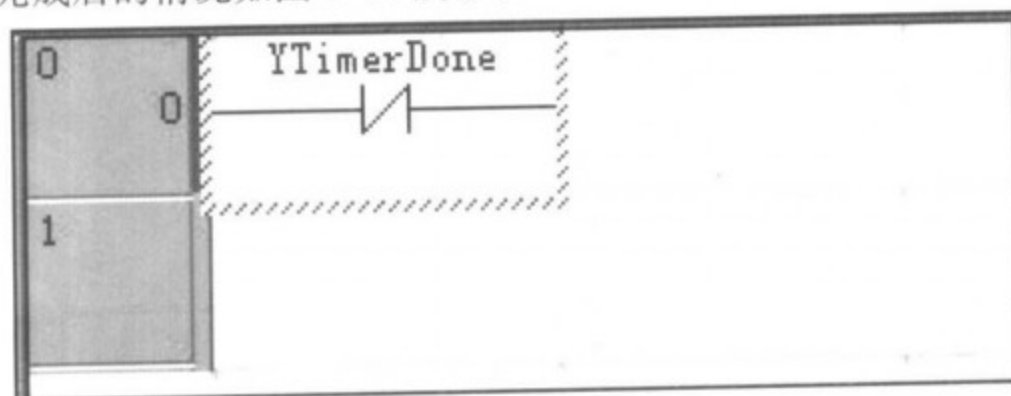





图 6-31 新建一个常闭触点

(3)编辑指令 单击梯形图工具栏中的 (新的 PLC 指令)按钮,并单击 YTimerDone 接触点的右侧,在出现的“指令”对话框的“指令”栏中输入“TIM”,在操作数中输入“RTimer”和“Time”,如图 6-32 所示。

点击“确定”按钮,将新建一个 TIM001 定时器,完成后的情况如图 6-33 所示。

在梯形图工具栏中选择 (新的横线)按钮,将接触点和指令连接起来。此时,在梯级的边缘不再有红色的记号,这表明该梯级里面已经没有错误了。至此,0 号梯级编辑完毕,如图 6-34 所示。

按照上面的方法将前四个梯级进行编辑,编辑后的梯形图如图 6-35 所示。

(4)编辑线圈 先添加一个常开触点(RTimerDone)和一个常闭触点(GTimerDone),然后,从梯形图工具栏中单击 (新线圈)按钮,在常闭触点(GTimerDone)的右侧点击,出现图 6-36 所示的“新线圈”对话框,在“地址和姓名”中输入线圈名“RLight”,单击对话框中的“确定”按钮,完成编辑线圈的操作。

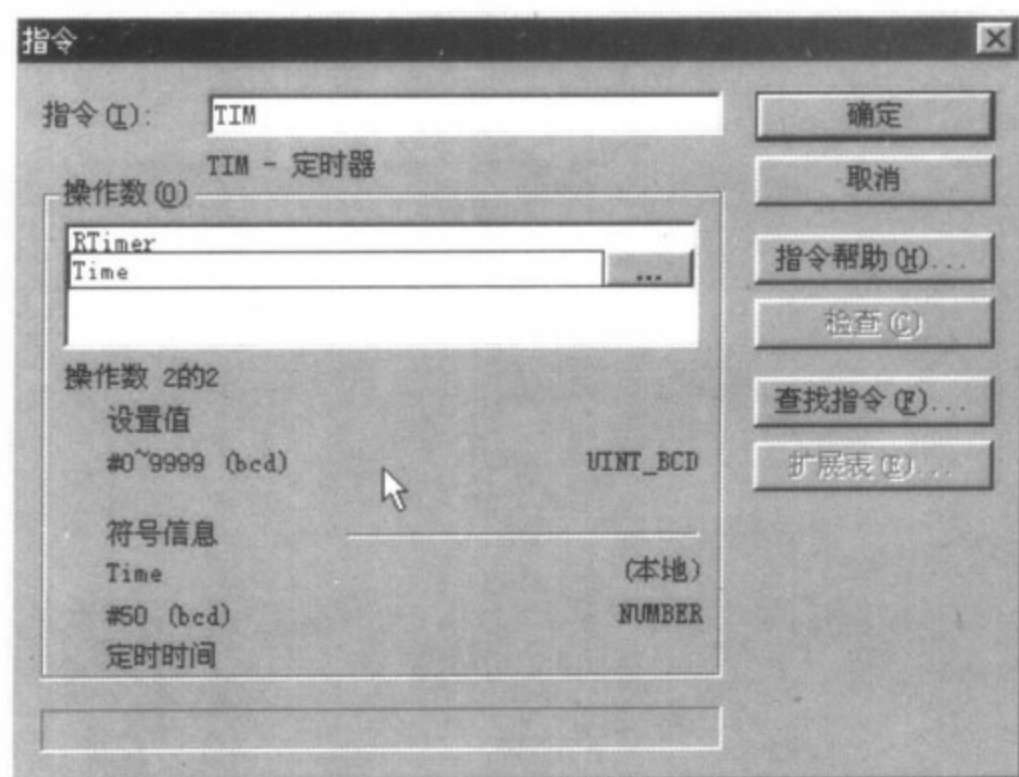


图 6-32 “指令”对话框

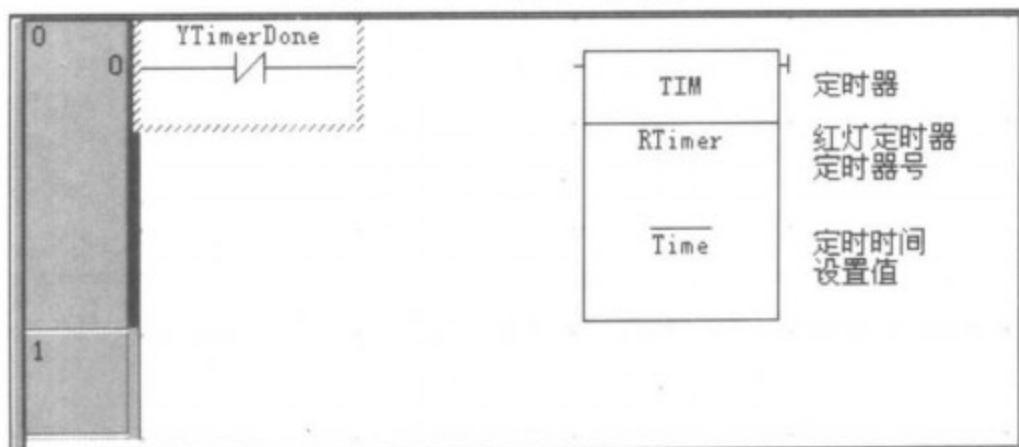


图 6-33 新建一个 TIM001 定时器

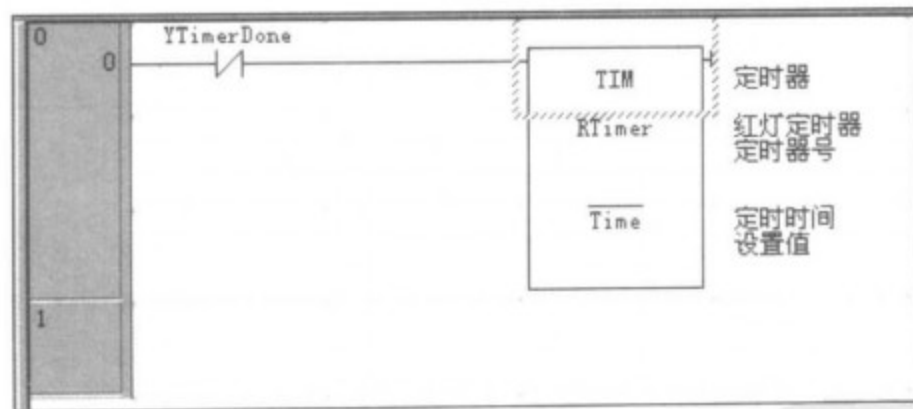




图 6-34 连接接触点和定时器

从梯形图工具栏中选择 (新的横线)按钮,将接触点和线圈连接起来。以下几个梯级可作类似的编辑。在最后一个梯级里,添加指令“END”。全部完成后的梯形图如图 6-37所示。

3. 用助记符编程

CX-P 允许在助记符视图中直接输入助记符指令。选中工程工作区中的“段 1”,单击视图工具栏中的 (查看助记符)按钮,显示出助记符视图。在助记符视图中,可以用助记符对程序进行编程。

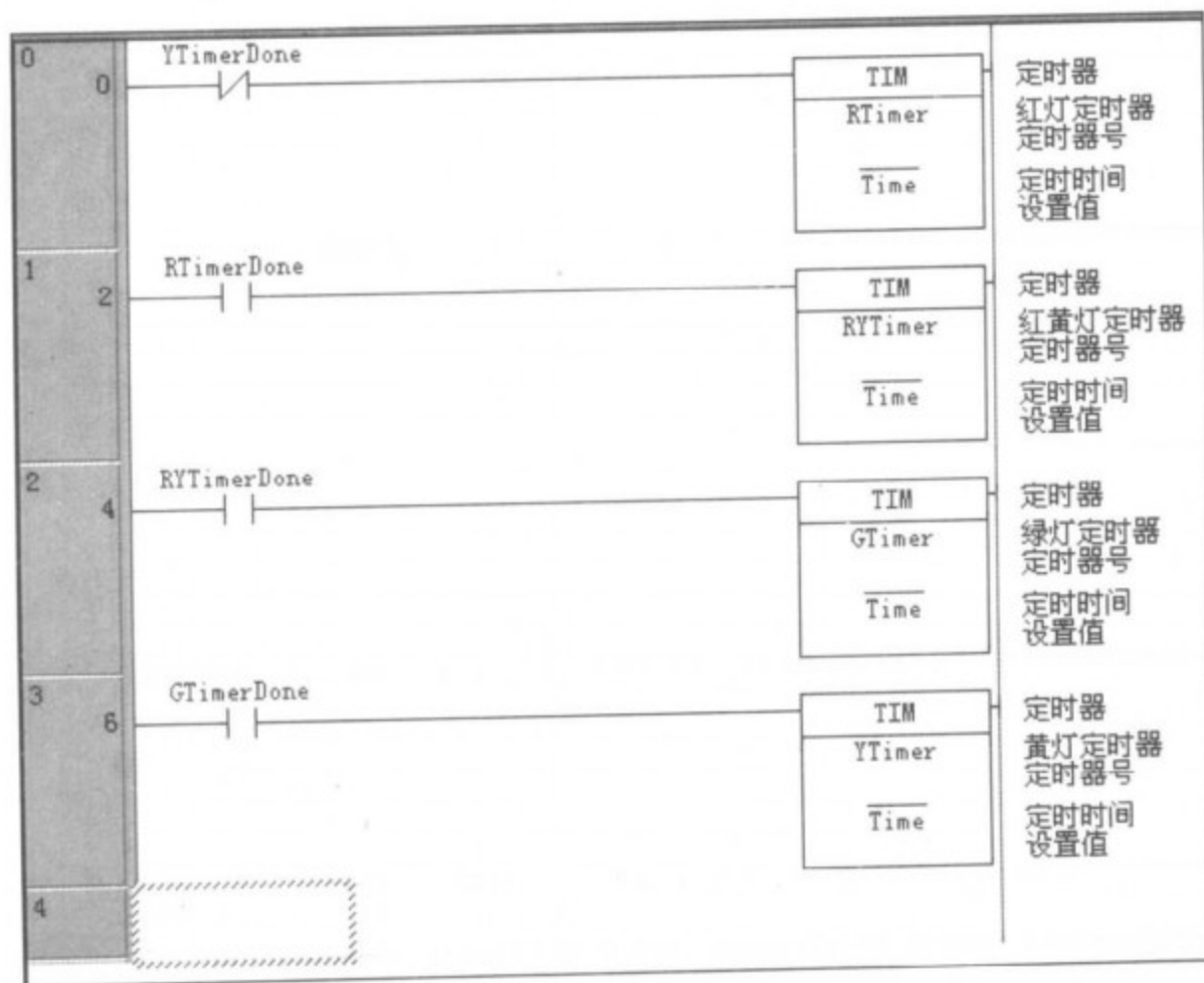


图 6-35 编辑后的梯形图

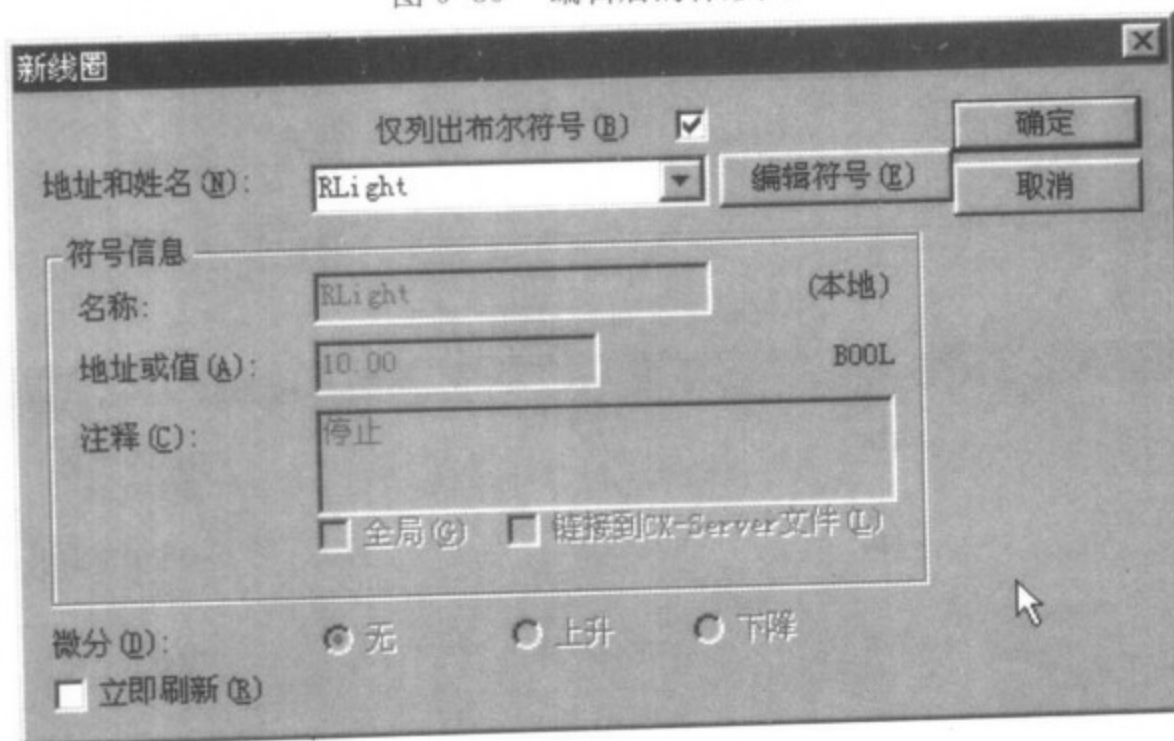


图 6-36 “新线圈”对话框

一个助记符指令由一个指令名称以及用空格分隔开来的操作数组成,按照助记符的格式要求,将所有程序编辑完成后,按 Esc 键可结束编辑模式。

编辑好的助记符程序如图 6-38 所示。

4. 程序的编译

选择“PLC”菜单中的“程序检查选项”命令,弹出“程序检查选项”对话框,如图 6-39 所示。

检查级分为“A”、“B”、“C”(“A”最严格,“B”次之,“C”最宽松)和“定制”。当选择“定制”时,可任意选择检查项。

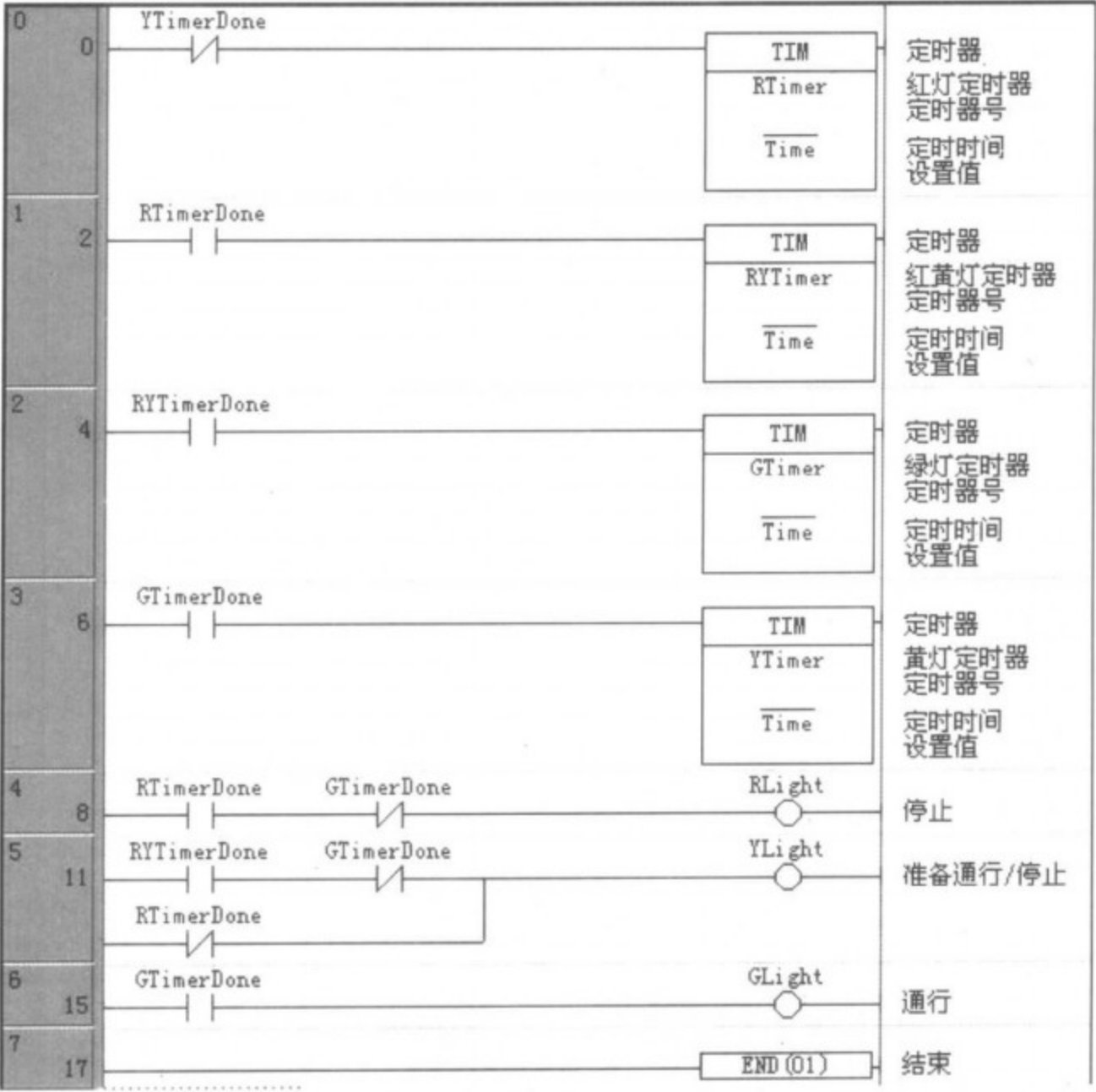


图 6-37 全部完成后的梯形图

条	步	指令	操作数	值	注释
0	0	LDNOT	YTimerDone		
	1	TIM	RTimer		红灯定时器
			Time		定时时间
1	2	LD	RTimerDone		
	3	TIM	RYTimer		红黄灯定时器
			Time		定时时间
2	4	LD	RYTimerDone		
	5	TIM	GTimer		绿灯定时器
			Time		定时时间
3	6	LD	GTimerDone		
	7	TIM	YTimer		黄灯定时器
			Time		定时时间
4	8	LD	RTimerDone		
	9	ANDNOT	GTimerDone		
	10	OUT	RLight		停止
5	11	LD	RYTimerDone		
	12	ANDNOT	GTimerDone		
	13	ORNOT	RTimerDone		
	14	OUT	YLight		准备通行/停止
6	15	LD	GTimerDone		
	16	OUT	GLight		通行
7	17	END (01)			

图 6-38 助记符编程

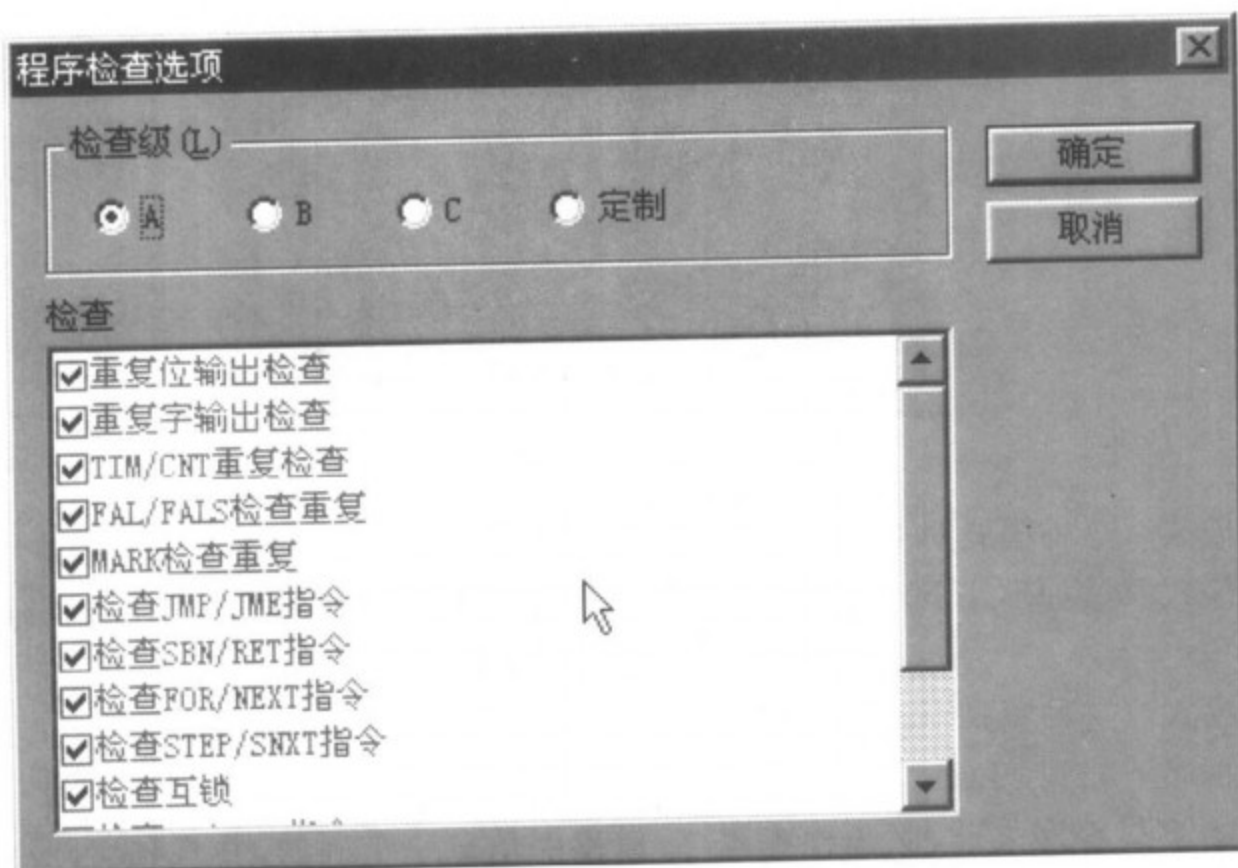



图 6-39 “程序检查选项”对话框

定制好检查级后,选中工程工作区中的 PLC 对象,单击工具栏的  (编译 PLC 程序)按钮,结果显示在输出窗口的“编译”窗口下面,如图 6-40 所示。

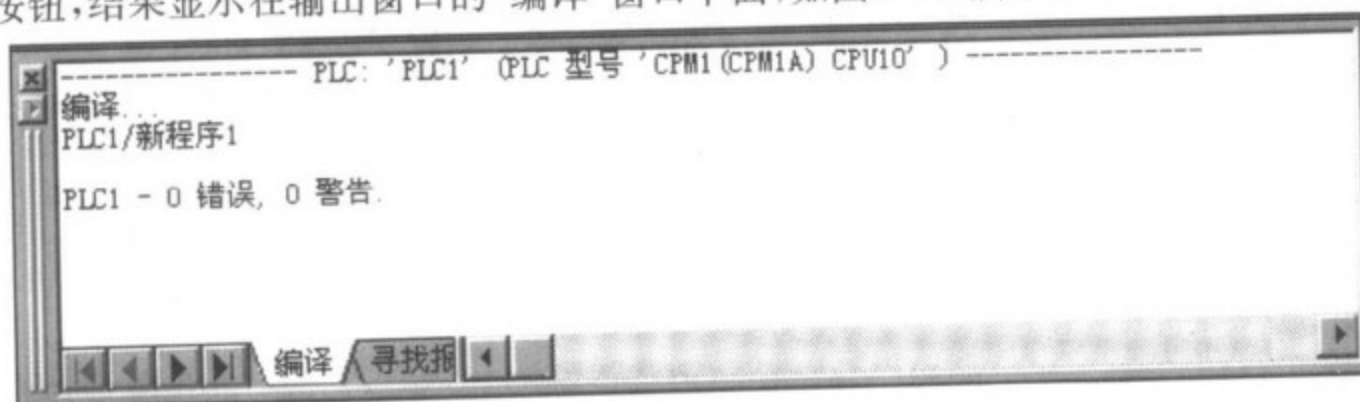



图 6-40 检查结果

无论是在线程序还是离线程序,在其生成和编辑过程中不断被检验。在梯形图中,程序错误以红线出现。如果梯级中出现一个错误,在梯形图梯级的左边将会出现一道红线。例如在图表窗口已经放置了一个元素,但是并没有分配符号和地址的情况下,这种情形就会出现。

5. 在线工作

离线方式下,CX-P 不与 PLC 进行通信;在线方式下,CX-P 与 PLC 进行通信。一般来说,在修改符号表时,须在离线方式下进行,如果要监控程序运行,则需要在线方式下进行。

在工程工作区选中“PLC”后,单击 PLC 工具栏中  (在线工作)按钮,将出现一个确认对话框,如图 6-41 所示。

选择“是”按钮,则计算机与 PLC 联机通信,处于在线方式。

重点提示 PLC 能够被设置成下列四种工作模式中的一种,可通过单击 PLC 工具栏中的相应按钮来切换。

编程模式 这种模式下,PLC 不执行程序,可下载程序和数据。

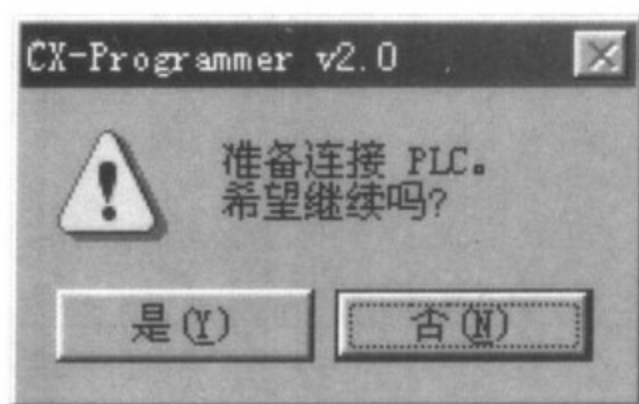


图 6-41 在线工作确认对话框

调试模式 这种模式对 CV 系列 PLC 可用,能够实现用户程序的基本调试。

监视模式 这种模式下,可对运行的程序进行监视,在线编辑必须在这种模式下进行。

运行模式 这种模式下,PLC 执行用户程序。

1) 把程序下载到 PLC

在开始下载程序之前,必须检查程序,以确保信息是正确的,并且和实际中使用的 PLC 类型相匹配。还要为相连接的 PLC 选择适当的通信类型。具体下载方法如下:

(1)选中工程工作区里的“PLC”。单击 PLC 工具栏中的“在线工作”按钮,与 PLC 进行连接。由于在线时一般不允许编辑,所以程序变成灰色。

(2)单击 PLC 工具栏上的“编程模式”按钮,把 PLC 的操作模式设为编程。

(3)单击 PLC 工具栏上的“传送到 PLC”按钮,将显示“下载选项”对话框,按照需要选择后,单击“确定”按钮。出现“下载”窗口。当下载成功后,单击“确定”按钮,结束下载。

2) 从 PLC 传送程序到计算机

(1)选中工程工作区里的“PLC”。单击 PLC 工具栏中的“在线工作”按钮,与 PLC 进行连接。

(2)单击 PLC 工具栏里的“从 PLC 传送”按钮,将显示“上载选项”对话框,按照需要选择后,单击“确定”按钮确认操作。出现“确认传送”对话框。单击“确定”按钮确认操作。出现“上载”窗口。当上载成功后,单击“确定”按钮,结束上载。

3) 比较程序

选中工程工作区里的“PLC”。单击 PLC 工具栏中“与 PLC 比较”按钮,将显示“比较选项”对话框。按照需要选择后,单击“确定”按钮确认操作,出现“比较”窗口。与 PLC 程序之间的比较细节显示在“输出窗口”的“编译”窗口中。当比较成功后,单击“确定”按钮,结束比较。

4) 程序监视

一旦程序被下载,就可以在图表工作区中对其运行进行监视。按照以下步骤来监视程序。

选择工程工作区中的 PLC 对象。选择工程工具栏中的“切换 PLC 监视”按钮。在程序执行时,可以监视梯形图中的数据和控制流,例如连接的选择和数值的增加。通过监视窗口可以监视一个(或全部)PLC 数据。此窗口允许同时对多个 PLC 的地址进行监视。

数据监视值的格式将取决于被监视的用作操作数的符号或者指令操作数的数据类型。如果始终想用一种单独的十六进制的格式,从工具栏打开“以十六进制进行监视”选项。

5) 在线编辑

虽然下载的程序已经变成灰色以防止被直接编辑,但是还是可以选择在线编辑特性来修改梯形图程序。

当使用在线编辑功能时,通常使 PLC 运行在“监视模式”下面。在“运行模式”下面进行在线编辑是不可能的。使用以下步骤进行在线编辑。

(1) 拖动鼠标,选择要编辑的梯级。

(2) 在工具栏中选择“与 PLC 进行比较”按钮,以确认编辑区域的内容和 PLC 内的相同。

(3) 在工具栏中选择“在线编辑梯级”按钮。梯级的背景将改变,表明其现在已经是一个可编辑区。此区域以外的梯级不能被改变,但是可以把这些梯级里面的元素复制到可编辑梯级中去。

(4) 编辑梯级。当对结果满意时,在工具栏中选择“传送在线编辑修改”按钮,所编辑的内容将被检查并且被传送到 PLC。

(5) 一旦这些改变被传送到 PLC,编辑区域再次变成只读。选择工具栏中的“取消在线编辑”按钮,可以取消在确认改变之前所做的任何在线编辑。



第七章 CPM1A 可编程控制器 设计与应用

可编程控制器是将继电器控制的概念和设计思想与计算机技术及微电子技术相结合而形成的专门从事逻辑控制的微机系统。在 PLC 系统应用中,梯形图的设计往往是最主要的问题。梯形图不但沿用和发展了电气控制技术,而且其功能和控制指令已远远超过电气控制范畴。它不仅可实现逻辑运算,还具有算术运算、数据处理、联网通信等功能,是具有工业控制指令的微机系统。由于梯形图的设计是计算机程序设计与电气控制设计思想结合的产物,因此,在设计方法上与计算机程序设计和电气控制设计既有着相同点,也有着不同点。本章主要以欧姆龙 CPM1A 可编程控制器为例,介绍可编程控制器的设计方法和应用实例。

第一节 可编程控制器应用设计概述

PLC 控制系统是实现控制的基础,主要由硬件(PLC 和 I/O 设备)和软件组成。一个好的控制系统对提高产品质量及生产率起着非常重要的作用。

一、PLC 控制系统设计步骤

1. 对控制对象作深入分析

在进行设计之前,要深入了解和分析被控对象的工艺条件和控制要求,如控制的基本方式,需要完成的动作(动作顺序、动作条件、必须的保护和连锁等)、操作方式(手动、自动、连续、单周期和单步)等。

2. 选择合适的 PLC

根据被控对象对 PLC 控制系统的功能要求和所需要的 I/O 信号的点数等,选择合适类型的 PLC。如果需要网络控制系统,还须选择网络通信系统的类型。

3. 确定 PLC 输入/输出点分配

根据所需的 I/O 设备,确定 PLC 的 I/O 点数,并设计 I/O 端子的接线图。

4. 设计梯形图和编制程序清单

如果被控对象已经有了继电器控制线路图,可把线路图变换为梯形图。设计梯形图是编制程序的关键一步,也是比较困难的一步。设计完梯形图后,再根据梯形图编制程序清单。

5. 程序调试

用 PLC 编程器将程序键入 PLC 的用户程序存储器,并检查键入的程序是否正确。如果控制系统是几个部分组成,应先做局部测试,然后再进行整体调试。

6. 控制台(柜)的设计

在进行 PLC 程序设计时,同时可进行控制台(柜)的设计和现场施工。待上述工作完成后,就可进行联机调试,直到满足要求为止。

7. 编制技术文件

技术文件包括说明书、电器原理图、电器布置图、元器件明细表等,这一部分图统称为“硬件图”。梯形图是控制系统的软件部分,又称为“软件图”。向用户提供“软件图”,可便于用户生产发展或工艺改进时修改程序,并有利于用户在维护、维修时分析和排除故障。

以上是一个 PLC 控制系统设计的一般步骤,根据控制系统的规模和控制要求,有的步骤可以省略。

二、PLC 控制系统的硬件设计

PLC 控制系统的硬件设计是指硬件选型。近十几年来,国内外众多生产厂家提供了多种系列、功能各异的 PLC 产品,已有几十个系列、几百种型号。PLC 品种繁多,其结构形式、性能、I/O 点数、用户程序存储器容量、运算速度、指令系统、编程方法和价格等各有不同,适用场合也各有侧重。因此,合理选择 PLC,对提高 PLC 控制系统的技术、经济指标起着重要作用。

1. PLC 机型选择

各种类型的 PLC,它们各有优缺点,能够满足用户的各种需求,但在形态、组成、功能、网络、编程等方面各不相容,没有一个统一的标准,无法进行横向比较。下面提出在自动控制系统设计中对 PLC 选型的一些看法,可以在挑选 PLC 时作为参考。

1) 输入/输出点数

输入/输出点数十分重要。在自动控制系统设计之初,就应该对输入/输出点数有一个准确的统计,这往往是选择 PLC 的首要条件,一般选择比输入/输出点数多 10%~30% 的 PLC。这有几方面的考虑:一是可以弥补设计过程中遗漏的点;二是能够保证在运行过程中个别点有故障时,可以有替代点;三是将来需要增加点数时可以随时进行增加。

2) 存储器

PLC 存储器是保存程序和数据的地方,分内置式和外插式两种,存储器容量在 512kB~128MB 之间,一定要根据实际情况选取足够大的存储器,并且要求有一部分空余作为缓存。

PLC 存储器按照类型可分随机存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦除只读存储器(EPROM)等。RAM 可以任意读写,在掉电后程序只能保持一段时间,最适合于在自控系统调试时使用。ROM 只能读不能写,程序是由厂家或开发商事先固化的,不能更改,即使失电也不丢失。EPROM 通过特殊的方式(如紫外线)可以擦除再写,适合于应用在长时间工作而改动不大的系统中。

3) I/O 响应时间

PLC 的 I/O 响应时间包括输入电路延迟、输出电路延迟和扫描工作方式引起的时间延迟(一般为 2 个~3 个扫描周期)等。对开关量控制的系统,PLC 的 I/O 响应时间一般都能满足实际工程的要求,可不必考虑 I/O 响应问题。但对模拟量控制的系统就要考虑这个问题。

4) 输出负载

不同的负载对 PLC 的输出方式有相应的要求。例如,频繁通断的感性负载,应选择晶体管或晶闸管输出型的,而不应选用继电器输出型的。但继电器输出型的 PLC 有许多优点,如导通压降小,有隔离作用,价格相对较便宜,承受瞬时过电压和过电流的能力较强,其负载电压灵活(可交流、可直流)且电压等级范围大等。所以动作不频繁的交流、直流负载可以选择继电器输出型的 PLC。

5) 通信网络

现在 PLC 已不是简单的现场控制,PLC 远端通信已成为控制系统必须解决的问题,但各厂家制定的通信协议千差万别,兼容性差。在这一点上主要考虑以下方面。

(1)同一厂家产品间的通信。各厂家都有自己的通信协议,并且不止一种。这在大、中型机上表现明显,而在小、微型机上不尽相同,一些厂家出于容量、价格、功能等方面考虑,往往没有或者有其他协议不同,而且比较简单的通信。所以,在这方面主要考虑的是同一厂家不同类型 PLC 之间的通信。

(2)不同厂家产品间的通信。若所进行的自动控制系统设计属于对已有的自控系统进行部分改造,而所选择的是与原系统不同的 PLC,或者设计中需要 2 个或 2 个以上的 PLC,而选用了不同厂家的产品,这就需考虑不同厂家产品之间的通信问题。

(3)是否有利于将来。由于各厂家制定的通信协议各不相同,国际上也无统一标准,所以在 PLC 选型上受到很大限制。就要考虑影响面大、有发展的、功能完备、接近通用的通信协议。

6) 离线编程和在线编程

PLC 的特点之一是使用灵活。当被控设备的工艺过程改变时,只需用编程器重新修改程序,就能满足新的控制要求,给生产带来很大方便。

PLC 的编程分为离线编程和在线编程两种。离线编程的 PLC,其主机和编程器共用一个 CPU,在编程器上有一个“编程/运行”选择开关或按键。当需要编程或修改程序时,将开关选择“编程”位置,PLC 的 CPU 将不再执行用户程序,失去对现场的控制,而只为编程器服务,这就是“离线”编程。当程序编好后,再把选择开关切换到“运行”位置,CPU 则执行用户程序,对系统实施控制。由于编程器和主机共用一个 CPU,因此节省了大量的硬件和软件,编程器的价格也比较便宜。中、小型 PLC 多数采用离线编程方式。在线编程 PLC 的特点是主机和编程器各有一个 CPU,编程器的 CPU 可随时处理由键盘输入的各种编程指令。主机的 CPU 主要完成对现场的控制,并在一个扫描周期的末尾和编程器通信,编程器把编好或修改好的程序发给 PLC,在下一个扫描周期,PLC 将按照新送入的程序控制现场,这就是“在线”编程。这类 PLC 由于增加了硬件和软件,所以价格较贵,但应用领域较宽。大型 PLC 多采用在线编程。

采取哪一种编程方式,应根据被控设备工艺要求的不同来选择。对于产品定型设备和工艺不常变动的设备,往往选用离线编程的 PLC;反之,考虑选用在线编程的 PLC。

7) 工作环境

由于 PLC 是直接用于工业控制的工业控制器,生产厂家都把它设计成能在恶劣的环境条件下可靠地工作。尽管如此,每种 PLC 都有自己的环境技术条件,用户在选用时,特别是在设计控制系统时,对环境条件要进行充分的考虑。

8) 专用模块

部分生产厂家的 PLC 产品提供一些专用模块,如通信模块、PID 控制模块、计数器模块、模拟输入/输出模块等。在软件上也提供了与此相对应的程序块,往往只是简单的输入一些参数就能实现,便于用户编程。

9) 售后服务与技术支持

要选择好的公司产品,因为这些公司有较强的售后服务和技术支持。

2. I/O 模块的选择

PLC 是一种工业控制系统,它的控制对象是工业生产设备或工业生产过程,它的工作环境是工业生产现场。它与工业生产过程的联系是通过 I/O 接口模块来实现的。

通过 I/O 接口模块可以检测被控生产过程的各种参数,并以这些现场数据作为控制器对控制对象进行控制的依据,同时,控制器又能通过 I/O 接口模块将控制器的处理结果送给工业生产过程中的被控设备,驱动各种执行机构来实现控制。外部设备或生产过程中的信号电平各种各样,各种机构所需的信息电平也是各种各样的,而 PLC 的 CPU 所处理的信息只能是标准电平,所以 I/O 接口模块还需实现这种转换。PLC 从现场收集的信息及输出给外部设备的控制信号都需经过一定距离。为了确保这些信息的正确无误,PLC 的 I/O 接口模块都具有较好的抗干扰能力。根据实际需要,PLC 相应有许多种 I/O 接口模块,包括开关量输入模块、开关量输出模块、模拟量输入模块及模拟量输出模块,可以根据实际需要进行选择使用。

1) 确定 I/O 点数

I/O 点数的确定要充分的考虑到裕量,能方便地对功能进行扩展。对一个控制对象,由于采用不同的控制方法或编程水平不一样,I/O 点数就可能有所不同。

2) 选择开关量输入模块

开关量输入设备主要包括按钮、限位开关等,选择时主要从下面两方面考虑。一是根据现场输入信号与 PLC 输入模块距离的远近来选择电平的高低。一般 24V 以下属于低电平,其传输距离不宜太远。如 12V 电压模块一般不超过 10m,距离较远的设备选用较高电压模块比较可靠。二是高密度的输入模块,如 32 点输入模块,能允许同时接通的点数取决于输入电压和环境温度。一般同时接通的点数不得超过总输入点数的 60%。

3) 选择开关量输出模块

开关量输出设备主要包括指示灯、报警器、电动机起动器等。选择开关量输出模块时应从以下三个方面来考虑。一是输出方式选择。输出模块有三种输出方式:继电器输出、晶闸管输出、晶体管输出。其中,继电器输出价格便宜,使用电压范围广,导通压降小,承受瞬时过电压和过电流的能力强,且有隔离作用。但继电器有触点,寿命较短,且响应速度较慢,适用于动作不频繁的交流/直流负载。当驱动电感性负载时,最大开闭频率不得超过 1Hz。晶闸管输出(交流)和晶体管输出(直流)都属于无触点开关输出,适用于通断频繁的感性负载。感性负载在断开瞬间会产生较高反电压,必须采取抑制措施。二是输出电流的选择。模块的输出电流必须大于负载电流的额定值,如果负载电流较大,输出模块不能直接驱动时,应增加中间放大环节。对于电容性负载、热敏电阻负载,考虑到接通时有冲击电流,要留有足够的余量。三是允许同时接通的输出点数。在选用输出点数时,不但要核算一个输出点的驱动能力,还要核算整个输出模块的满负荷负载能力,即输出模块

同时接通点数的总电流值不得超过模块规定的最大允许电流值。

若 I/O 设备由不同电源供电,应当使用带隔离公共线(返回线)的接口电路。

4)模拟量 I/O

模拟量 I/O 接口是用来传输传感器产生的信号的。这些接口能测量流量、温度和压力等模拟量的数值,并用于控制电压或电流输出设备。有些制造厂家提供的模拟接口可用来接收低电平信号(如热电偶等),用户可根据具体条件进行选用。

5)特殊功能 I/O

在选择一台 PLC 时,用户可能会面临需要一些特殊类型的且不能用标准 I/O 实现的情况。用户应当考虑供货厂商是否提供一些特殊的有助于最大限度减小控制作用的模块。

6)智能式 I/O

当前,PLC 的生产厂家相继推出了一些智能型的 I/O 模块。所谓智能型 I/O 模块,就是模块本身带有处理器,对输入/输出信号可做预先规定的处理,再将处理结果送入 CPU 或直接输出,这样可提高 PLC 的处理速度和节省存储器的容量。

智能式 I/O 模块有温度控制模块、高速计数器(可进行加法计数或减法计数)、凸轮模拟器(用于绝对编码输入)、带速度补偿的凸轮模拟器、单回路或多回路的 PID 调节器、ASCII/BASIC 处理器、RS232C/422 接口模块等。

3. 电源模块的选择

电源模块的选择一般只需考虑输出电流。电源模块的额定输出电流必须大于处理器模块、I/O 模块、专用模块等消耗电流的总和。

三、PLC 控制系统的软件设计

PLC 控制系统软件开发的过程与任何软件的开发一样,先要进行可行性研究,然后,还要经历需求分析、软件设计、编码实现、软件测试和运行维护等几个环节。要想使开发的 PLC 应用系统达到预期的结果,能够安全、可靠并令用户满意,都要依赖于一个好的软件开发过程。如何保证应用软件开发的质量,尽可能减少错误并提高可维护性,以便迅速修正,就要求软件开发者应该对软件开发过程中所经历的每一个环节有一个明确的认识。

PLC 应用系统软件设计开发过程中,主要包括需求分析、软件设计、编程实现、软件测试等几个环节。

PLC 应用软件的设计是一项十分复杂的工作,它要求设计人员既要有 PLC、计算机程序设计的基础,又要有自动控制的知识,还要有一定的现场实践经验。

首先,设计人员必须深入现场,了解并熟悉被控对象(机电设备或生产过程)的控制要求,明确 PLC 控制系统必须具备的功能和性能,为应用程序的编制提出明确的要求和技术指标,并形成软件需求说明书。在此基础上再进行总体设计,将整个软件根据功能的要求分成若干个相对独立的部分,分析它们之间在逻辑上、时间上的相互关系,使设计出的软件在总体上结构清晰、简洁,流程合理,保证后继的各个开发阶段及其软件设计规格说明书的完全性和一致性。然后在软件规格说明书的基础上,选择适当的编程语言进行程序设计,对每一个程序模块进行单元测试、确认(功能)测试和集成测试,并通过调试来修改错误,最后编写程序使用说明书交付用户使用。

第二节 可编程控制器基本设计方法

在工程中,对 PLC 应用程序的设计有多种方法,这些方法的使用,也因各个设计人员的技术水平和喜好有较大差异。现将常用的几种应用程序的设计方法简要进行介绍。

一、逻辑设计法

逻辑设计法是根据数字电子技术中的逻辑设计方法进行 PLC 程序的设计。该方法使用逻辑表达式描述实际问题。在得出逻辑表达式后,根据逻辑表达式画梯形图,或者直接用逻辑表达式写助记符程序。该方法在纯粹的条件控制系统中,非常好用。因为纯粹的条件控制系统相当于组合逻辑电路,逻辑表达式书写简单。但是在和时间有关的控制系统中,就显得复杂。因为,这时的控制问题就相当于顺序逻辑问题,不仅要考虑条件,还要考虑时间。

逻辑设计法的基本设计步骤是:先根据控制要求列出逻辑代数表达式。再对逻辑代数式进行化简。最后,根据化简后的逻辑代数表达式画梯形图。下面举一简单例子来具体说明。

例如,某一电动机只有在三个按钮中任何一个或任何两个动作时,才能运转,而在其他任何情况下都不运转,试设计其梯形图。

将电动机运行情况由 PLC 输出点 F 来控制,三个按钮分别对应 PLC 输入地址为 A 、 B 、 C 。

根据题意,三个按钮中任何一个动作,PLC 的输出点就有输出。其逻辑代数表达式为

$$F' = A \bar{B} \bar{C} + \bar{A} B \bar{C} + \bar{A} \bar{B} C$$

当三个按钮中有任何两个动作时,输出点的逻辑代数表达式为

$$F'' = AB\bar{C} + A\bar{B}C + \bar{A}BC$$

因两个条件是“或”关系,所以电动机运行条件应该为

$$F = F' + F'' = A\bar{B}\bar{C} + \bar{A}B\bar{C} + \bar{A}\bar{B}C + AB\bar{C} + A\bar{B}C + \bar{A}BC$$

简化该式得

$$F = A(\bar{B} + \bar{C}) + \bar{A}(B + C)$$

本例只有 A 、 B 、 C 三个输入信号, F 一个输出信号,若系统选择的机型是 CPM1A,I/O 分配表见表 7-1。

表 7-1 I/O 分配表

输 入			输 出
A	B	C	F
00001	00002	00003	01000

根据逻辑代数表达式和 I/O 分配表,画梯形图,如图 7-1 所示。

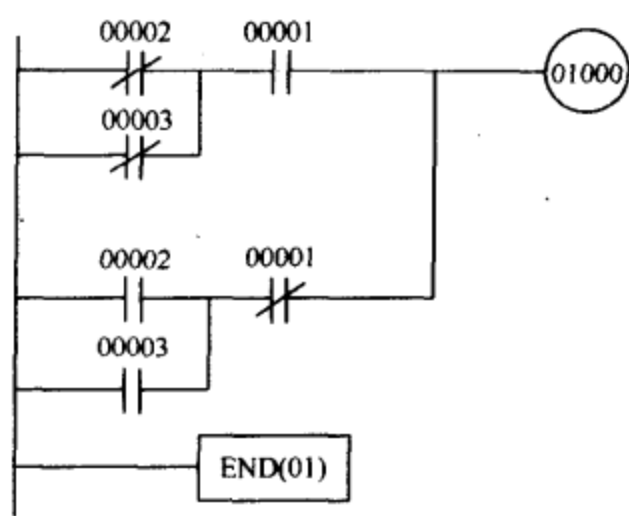


图 7-1 电动机控制梯形图

二、替代设计法

所谓替代设计法,就是用 PLC 机的程序,替代原有的继电器逻辑控制电路。

1. 基本设计步骤

(1)了解原系统工艺要求,熟悉继电器电路图。用 PLC 取代继电器电路时,一般只是取代中间继电器部分,而外部输入部件如按钮、转换开关、行程开关以及外部执行部件如接触器、电磁阀、信号灯等则均应保留,并以适当的方式与 PLC 相连接。

(2)确定相应的 PLC 输入/输出点数。根据输入设备和输出设备的情况,可以确定 PLC 的输入/输出点数。要注意的是:在选择 PLC 时,要留有 5%~10%的余量作备用。这样,万一在调试或运行中有损坏或需要改进某些功能而增加 I/O 点时,则可以很容易满足要求。

(3)将原继电器电路改画成 PLC 梯形图。在进行这种电路的转换时,往往要对原电路进行一些处理,以便于进行 PLC 控制,符合 PLC 编程要求。

(4)按 PLC 的输入/输出通道分配进行外部接线。这一步也可与程序设计同步进行。

(5)总体调试。在调试过程中,应充分利用 PLC 上提供的功能,首先确认各输入信号状态;然后逐个核对输出点状态;最后再通过 PLC 去控制生产设备,实际试运行。

2. 对输入/输出信号的处理

为了减少 PLC 的输入/输出数量,降低成本,在进行设备改造时,往往要对输入/输出进行一定的处理。

(1)几个动断串联或动合并联触点可合并与 PLC 相连,只占用一个输入点。

(2)利用单按钮启停电路,使启停控制只通过一个按钮来实现,既节省 PLC 点数,又减少外部按钮及其配线。关于单按钮启停电路,在后面还要进行具体介绍。

(3)对一些需手动运行且与其他设备没有连锁的设备,可将 PLC 的手动按钮设置在 PLC 外部。

(4)通断状态完全相同的两个负载并联后,可共同占用一个输出点。

3. 举例

图 7-2 为电动机正反转控制电路。原电气控制线路图如图 7-2(a)所示,由 PLC 控制替代后,其 I/O 接线图如图 7-2(b)所示,梯形图如图 7-2(c)所示。I/O 分配表见表 7-2。

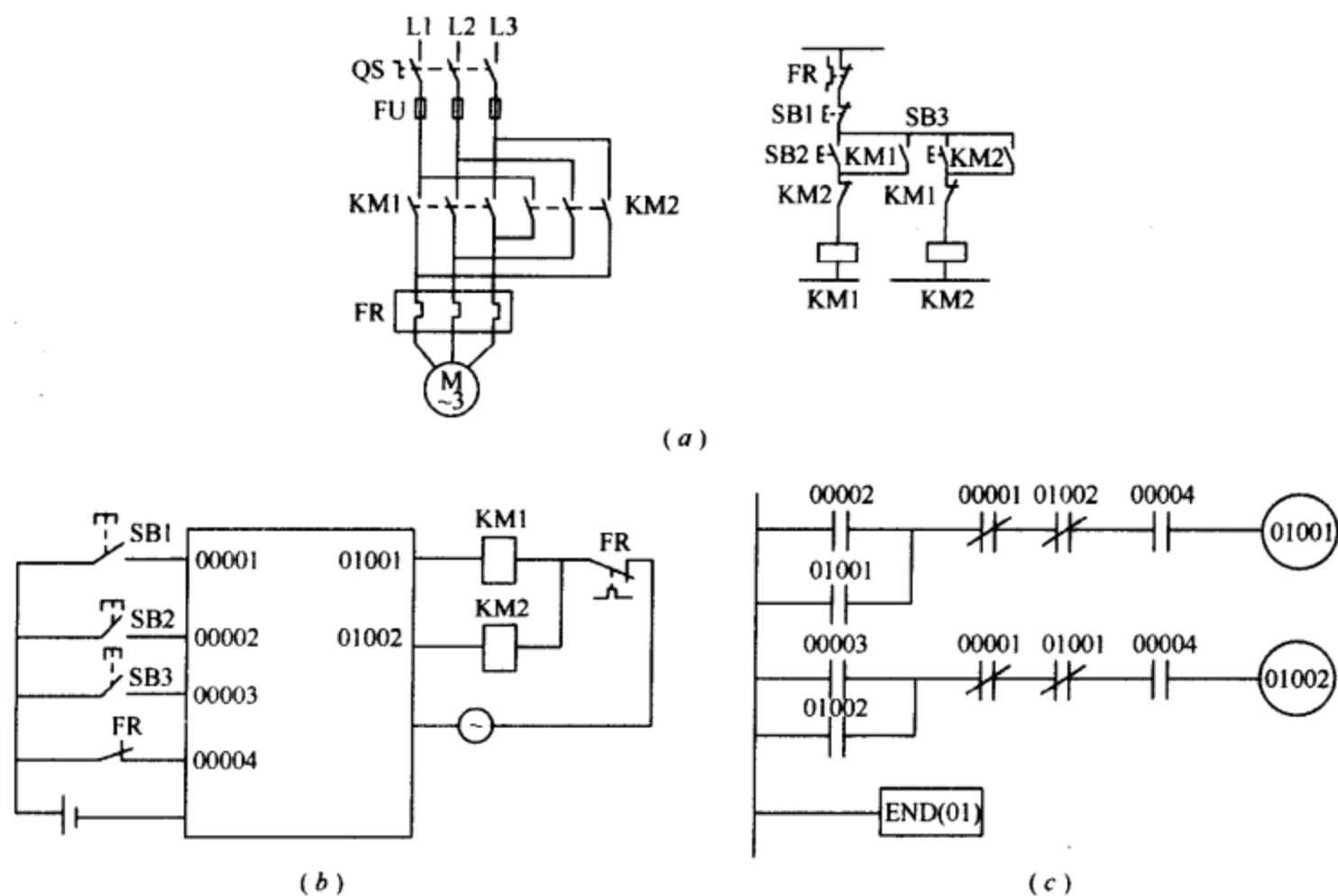


图 7-2 电气控制线路、输入/输出接线图和梯形图

表 7-2 I/O 分配表

输 入		输 出	
停止按钮 SB1	00001	接触器 KM1	01001
正转按钮 SB2	00002	接触器 KM2	01002
反转按钮 SB3	00003		
热继电器 FR	00004		

这种方法,其优点是程序设计方法简单,有现成的电气控制线路作依据,设计周期短。一般在旧设备电气控制系统改造中,对于不太复杂的控制系统常采用。

重点提示

(1)为什么梯形图中 00001 为常闭(动断)触点?

与 00001 输入继电器相连的是停机按钮 SB1,虽然接线图中 SB1 设为常开按钮,但这并不意味着梯形图中的 00001 为常开触点。这里的逻辑关系是:当按下停机按钮 SB1 后,线圈 01001 应断电,电动机失电而停机,所以 00001 应为常闭。这就符合了按下 SB1 后,输入继电器 00001 得电,其常闭触点打开,从而使线圈 01001 失电,使电动机停转的目的。

(2)为什么梯形图中 00004 为常开(动合)触点?

与热继电器 FR 相连的是输入继电器 00004,虽然接线图中 FR 是常闭,但不意味着梯形图中的 00004 也为常闭。从需求上看,正常工作时,FR 为常闭,给输入继电器 00004 通电,其结果应使线圈 01001 得电。只有 00004 为常开触点,才能满足此要求。

需要说明是,若 PLC 的输入点较富裕,热继电器的常闭触点可占用 PLC 的输入点,

若输入点较紧张,热继电器的信号可不输入 PLC 中,而接在 PLC 的外部控制电路中。热继电器接在外部电路时会带来一些不良影响,在后面介绍 PLC 应用时还要进行具体分析。

4. 替代法编程注意事项

在采用替代法编程时,应注意 PLC 控制系统与继电器控制系统工作方式上的一些不同。下面来看一个例子,一个继电器控制回路如图 7-3 所示。

如果不加图中虚线和括号内的内容,因继电器控制系统是以“并行”方式工作的,而且其触点的通断需要一定的动作时间。所以当该电路起动后,时间继电器 KT 延时时间到时,KT 是否能继续保持通电状态,需要同时考虑“并行”的两个动作过程:KT 的常闭延时触点断开,KA1 失电,KA1 常开触点断开;KT 的常开延时触点闭合,KA2 得电,KA2 常开触点闭合。这两个过程作用的结果,来决定 KT 的状态。同时,触点动作时间的存在,使得电路出现时序竞争。因此该电路不能可靠工作。如果加入虚框中的回路,并把 KA2 的常开触点换成 KA3 的常开触点(图中括号)。结果是 KT 动作后,KT 自身失电,就不会继续保持通电状态。

同样是这个电路,用 PLC 来实现,梯形图如图 7-4 所示。

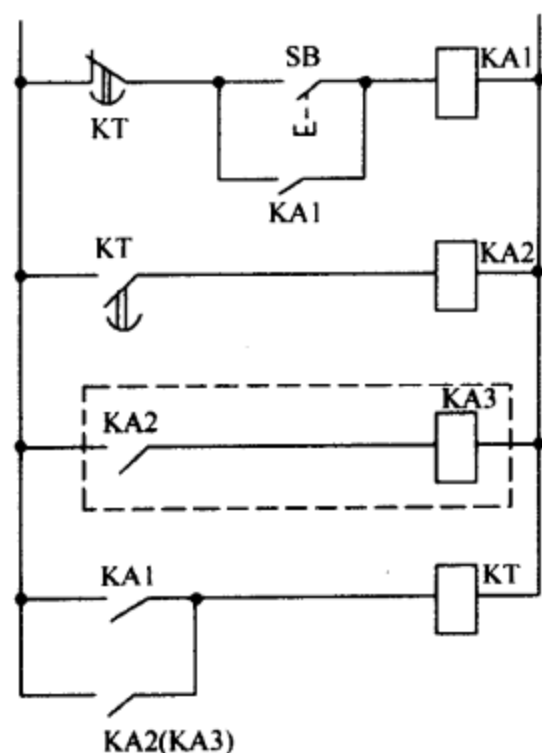


图 7-3 继电器控制回路

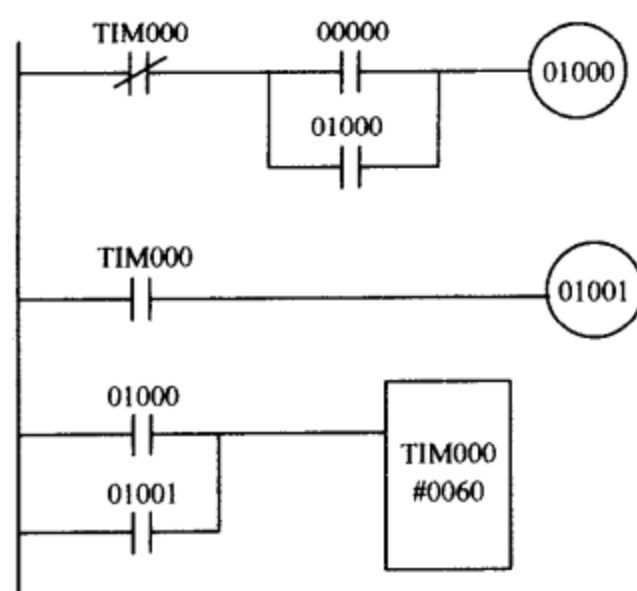


图 7-4 梯形图

PLC 是以“串行”方式工作的,也就是以扫描的方式,循环地、连续地、顺序地逐条执行程序的方式工作。同时,PLC 中,软触点的动作可认为是瞬时完成的,且能把本次动作的结果记忆保持到下一次扫描运算时为止,即具有记忆保持功能。按这样一个顺序“串行”的工作方式,梯形图动作顺序如下:当在某一扫描周期中 TIM000 延时到后,则

(1) TIM000 常闭触点断开(OFF),01000 断开(OFF)。

(2) TIM000 常开触点闭合(ON),01001 闭合(ON)。

(3) 01000 常开触点 OFF,01001 常开触点 ON,TIM000 继续保持通电状态。而且不论在 01001 与 TIM000 之间再加多少级前面继电器电路所加的虚框中的回路,TIM000 仍能继续保持通电状态。

同样的电路,由于继电器控制系统和 PLC 控制系统工作方式上的差异,两者会有不同的动作结果。注意到这一点,在编程时,就会避免一些不应有的错误。

重点提示 在继电器控制电路中,当某些梯级同时满足导通条件时,这些梯级中的继电器线圈会同时通电,也就是说,继电器控制电路是一种并行工作方式。PLC 是采用循环扫描的工作方式,在 PLC 执行用户程序时,CPU 对梯形图自上而下、自左向右地逐次进行扫描,程序的执行是按语句排列的先后顺序进行的。这样,PLC 梯形图中各线圈状态的变化在时间上是串行的,不会出现多个线圈同时改变状态的情况,这是 PLC 控制与继电器控制最主要的区别。

三、程序流程图设计法

PLC 采用计算机控制技术,其程序设计同样可遵循软件工程设计方法,程序工作过程可用流程图表示。由于 PLC 的程序执行为循环扫描工作方式,因而与计算机程序框图不同点是,PLC 程序框图在进行输出刷新后,再重新开始输入扫描,循环执行。下面以全自动洗衣机控制为例,说明这种设计方法的应用。首先画出洗衣机工艺流程图,如图 7-5 所示。

若系统选择的机型是 CPM1A 机型,其 I/O 点编号分配见表 7-3。

定时器/计数器分配见表 7-4。

表 7-3 I/O 分配表

输入		输出	
起动开关	00000	起动洗衣机	01000
停止开关	00001	进水	01001
手动排水开关	00002	正转洗涤	01002
高水位开关	00003	反转洗涤	01003
低水位开关	00004	排水	01005
		脱水	01006
		停止、报警	01007
		暂停 1	01008
		暂停 2	01009

表 7-4 定时器/计数器分配

定时器		计数器	
正转定时	TIM000	洗涤次数	CNT006
暂停定时 1	TIM001	脱水次数	CNT007
反转定时	TIM002		
暂停定时 2	TIM003		
脱水定时	TIM004		
报警定时	TIM005		

根据流程图,设计梯形图,如图 7-6 所示。

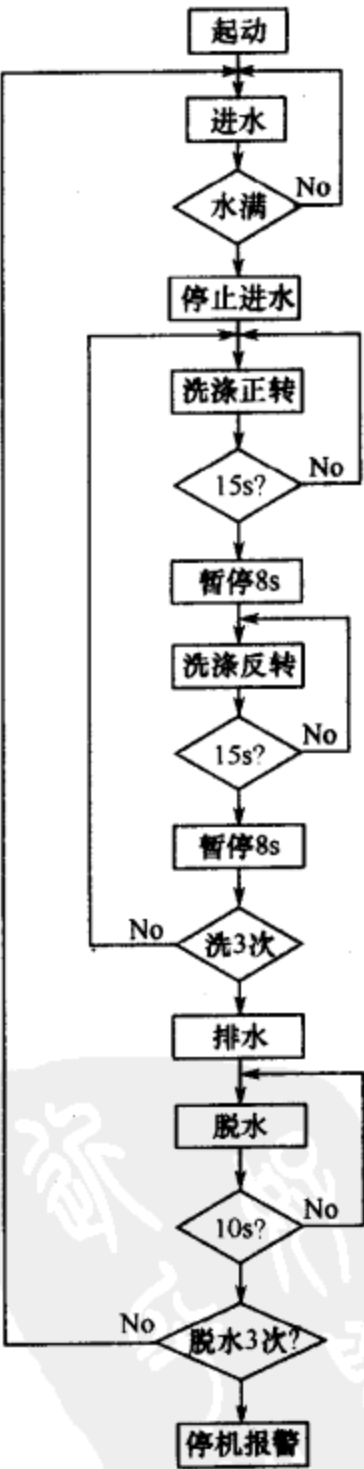


图 7-5 洗衣机流程图

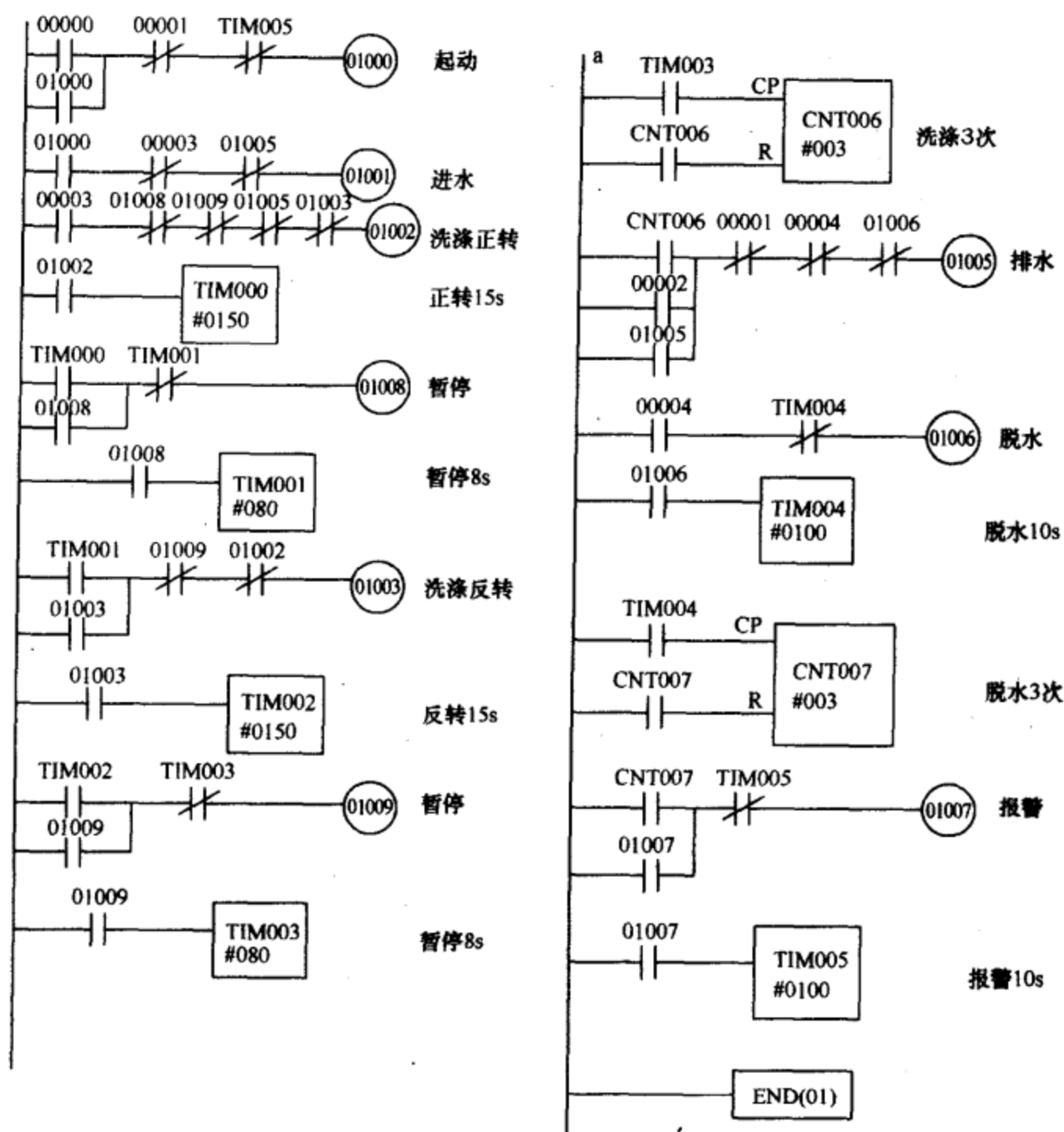


图 7-6 洗衣机梯形图

重点提示 对图中所示的程序简要分析如下:按下起动开关 00000,线圈 01000 接通,洗衣机得电,其动合触点 01000 闭合,线圈 01001 接通,此时开始进水,当水位达到要求后,触发高水位开关 00003 接通,线圈 01002 接通,洗涤电机正转。01002 的动合触点接通,正转定时器 TIM000 开始定时,正转定时 15s 后,TIM000 输出为 ON,TIM000 的动合触点接通,线圈 01008 接通,一方面使动断触点 01008 断开,线圈 01002 失电,洗涤电机正转暂停;另一方面使动合触点 01008 接通,暂停定时器 TIM001 开始定时,定时 8s 后,TIM001 输出为 ON,其动合触点 TIM001 接通,线圈 01003 接通,洗涤电机反转。01003 的动合触点接通,反转定时器 TIM002 开始定时,反转定时 15s 后,TIM002 输出为 ON,TIM002 的动合触点接通,线圈 01009 接通,一方面使动断触点 01009 断开,线圈 01003 失电,洗涤电机反转暂停;另一方面使动合触点 01009 接通,暂停定时器 TIM003 开始定时,定时 8s 后,TIM003 输出为 ON,其动合触点 TIM003 接通,计数器 CNT006 开始计数,洗涤 3 次后,CNT006 输出 ON,其动合触点 CNT006 接通,线圈 01005 接通,此时开始排水,当排到一定程度时,低水位开关 00004 接通,线圈 01006 接通,脱水电机工

作,开始脱水,同时动合触点 01006 接通,脱水定时器 TIM004 开始定时,脱水 10s 后, TIM004 输出为 ON,其动合触点 TIM004 接通,计数器 CNT007 开始计数,当脱水 3 次后, CNT007 输出 ON,其动合触点 CNT007 接通,线圈 01007 接通开始报警,同时,动合触点 01007 接通,报警定时器 TIM005 定时,定时 10s 后, TIM005 输出为 ON,动断触点 TIM005 断开,线圈 01007 失电,停止报警。

四、经验设计法

经验设计法是根据被控对象对控制系统的具体要求,凭经验进行选择、组合。有时为了得到一个满意的设计结果,需要进行多次反复地调试和修改,增加一些辅助触点和中间编程环节。这种设计方法没有一个普遍的规律可遵循,具有一定的试探性和随意性,而设计所用的时间、设计的质量与设计者经验的多少有关。

经验设计法对于一些比较简单的控制系统的设计是比较奏效的,可以收到快速、简单的效果。但是,由于这种方法主要是依靠设计人员的经验进行设计,所以对设计人员的要求也比较高,特别是要求设计者有一定的实践经验,对工业控制系统和工业上常用的各种典型环节比较熟悉。对于较复杂的系统,经验法一般设计周期长,不易掌握,系统交付使用后,维护困难。所以,经验法一般只适合于较简单的或与某些典型系统相类似的控制系统的设计。

如图 7-7 所示,有一送料车自动循环送料。小车处于起始位置时, A 闭合,系统起动后,小车在起始位置装料,20s 后向右运动,到 B 位置时, B 闭合,小车下料后再返回起始位置,再用 20s 的时间装料,其后向右运动到 C 位置,此时 C 闭合,小车下料后返回起始位置。以后重复上述过程直到有复位信号输入。试设计其梯形图。

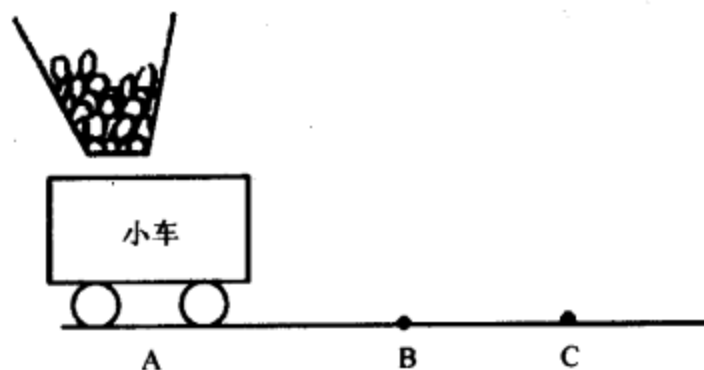


图 7-7 送料小车工作示意图

因为小车在第一次达到 B 时要改变运动方向,而第二和第三次达到 B 时不改变运动方向,所以利用计数器的计数功能来识别达到 B 的次数,以决定是否要改变小车运动方向。定时器用来记录装料时间。若系统选择的机型是 CPM1A 机型,其 I/O 分配表见表 7-5。

表 7-5 I/O 分配表

输 入		输 出	
起动按钮	00009	小车右行	01000
复位按钮	00010	小车主行	01001
A	00000		
B	00001		
C	00002		

根据 I/O 分配表,设计梯形图如图 7-8 所示。

重点提示 对图中的程序简要分析如下:

内部辅助继电器 01010 作为系统工作允许继电器,起动信号 00009 使 01010 置“1”,复位信号 00010 使之清“0”,只有当 01010 为“1”时,小车才能循环工作,当 01010 为“0”时,小车回到起始位置后停止工作。

小车位于 A 时,开始定时装料,20s 后定时器接通,小车右行即 01000 得电。当小车离开 A 时,定时器复位,但 01000 的自锁功能使之仍得电,小车仍右行。

小车行至 B 时,计数器减 1,由于 B 的常闭触点 00001 断开,01000 失电,小车停止右行。

小车停止右行使内部辅助继电器 01011 产生一个脉冲,使 01001 的得电即小车主行。01001 的自锁功能使得小车主行直至达到 A 位置。

定时器重新定时,小车第二次装料,之后小车主行,均与第一次相同。但是当小车主行至 B 时,计数器减 1 至零,使 CNT001 的常开触点接通,所以此时小车继续右行直至达到 C 位置,C 的常闭触点 00002 断开,01000 失电,小车停止右行,再次改变为主行。

左行过程中经过 B 位置时使计数器复位,为下一次循环作准备,小车主行至 A 位置停止,等待下一次循环。

再如,有一部电动运输小车供 8 个加工点使用。对小车的控制有以下几点要求。① PLC 上电后,车停在某加工点(简称工位)。若没有用车呼叫(简称为车)时,则各工位的指示灯亮,表示各工位可以呼车。②若某工位呼车(按本位的呼车按钮)时,各位的指示灯均灭,表示此后再呼车无效。③停车位呼车则小车不动。当呼车位号大于停车位号时,小车自动向高位行驶;当呼车位号小于停车位号时,小车自动向低位行驶。当小车到达呼车位时自动停车。④小车到达呼车位时应停留 30s 供该工位使用,不应立即被其他工位呼走。⑤临时停电后再复电,小车不会自行起动。

对本例的控制要求,可参照下面的步骤进行程序设计。

(1)确定输入/输出电器 每个工位应设置一个限位开关和一个呼车按钮,系统要有用于起动和停机的按钮,这些是 PLC 的输入元件;小车要用一台电动机拖动,电动机正转时小车主向高位,反转时小车主向低位,电动机正转和反转各需要一个接触器,是 PLC 的执行元件。另外各工位还要有指示灯作为呼车显示。电动机和指示灯是 PLC 的控制对象。各工位的限位开关和呼车按钮的布置如图 7-9 所示,图中 ST 和 SB 的编号是各工位的编号。ST 为滚轮式,可自动复位。

(2)确定输入和输出点的个数、进行 I/O 分配 为了尽量减少占用 PLC 的 I/O 点个

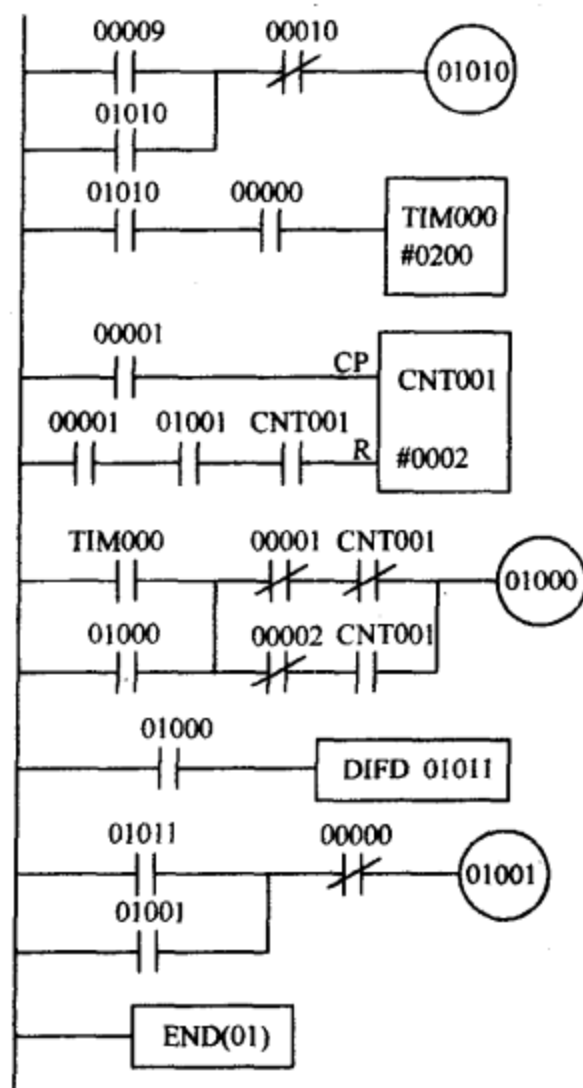


图 7-8 送料小车梯形图

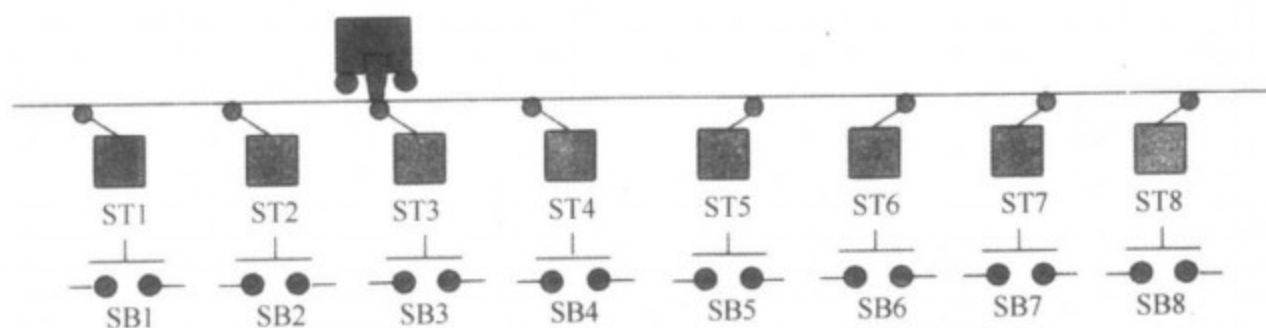


图 7-9 各加工工位的限位开关、呼车按钮布置图

数,由于各工位的呼车指示灯状态一致,因此可选用小电流的发光元件并联在一起,然后接在一个 PLC 输出点上。使用 CPM1A 时,I/O 分配表见表 7-6。

表 7-6 I/O 分配表

输 入				输 出	
限位开关 ST1	00001	呼车按钮 SB1	00101	呼车指示灯	0107
限位开关 ST2	00002	呼车按钮 SB2	00102	电动机正转接触器线圈	01000
限位开关 ST3	00003	呼车按钮 SB3	00103	电动机反转接触器线圈	01001
限位开关 ST4	00004	呼车按钮 SB4	00104		
限位开关 ST5	00005	呼车按钮 SB5	00105		
限位开关 ST6	00006	呼车按钮 SB6	00106		
限位开关 ST7	00007	呼车按钮 SB7	00107		
限位开关 ST8	00008	呼车按钮 SB8	00108		
系统起动按钮	00000				
系统停止按钮	00010				

(3)画出系统动作过程的流程图 为了分析问题方便,可先画出系统动作过程的流程图,如图 7-10 所示。

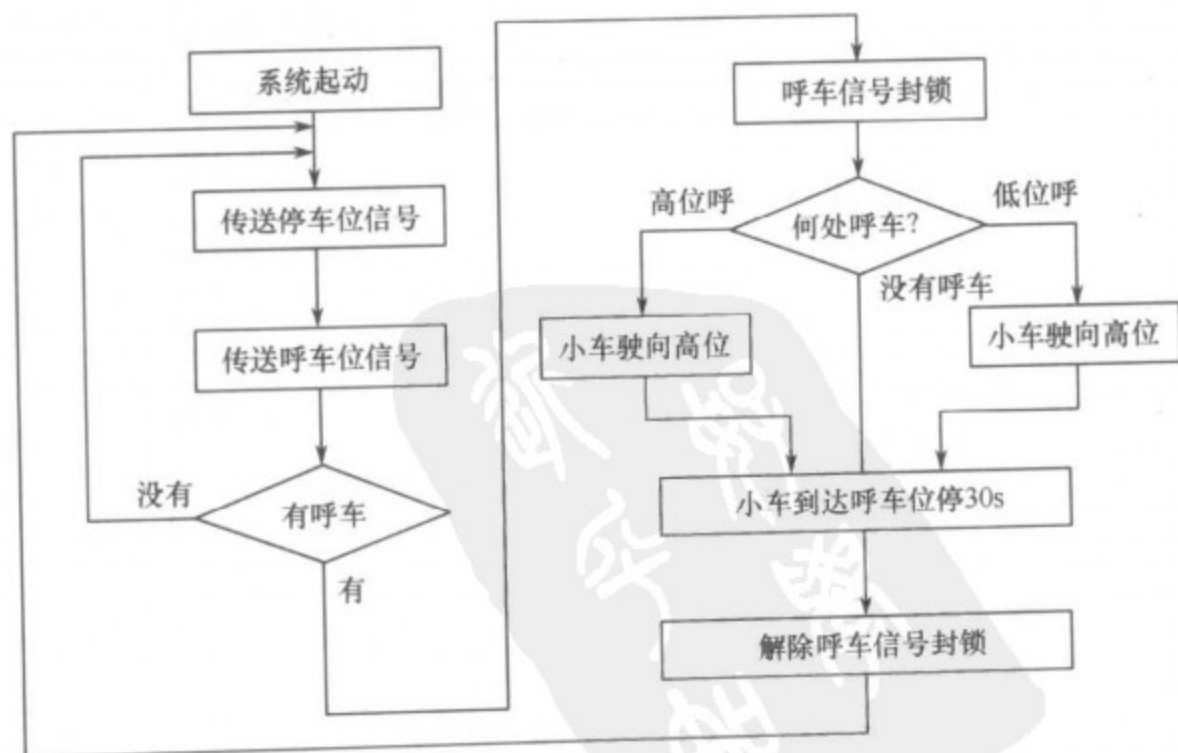


图 7-10 系统流程图

(4)选择 PLC 指令并编写程序 选择指令是一个经验问题。对于本例的控制要求，一般会想到用传输指令(MOV)和比较指令(CMP)，即先把小车所在的工位号传输到一个内存单元中，再把呼车的工位号传输到另一内存单元中，然后将这两个内存单元的内容进行比较。若呼车的位号大于停车的位号，则小车向高位行驶；若呼车的位号小于停车的位号，则小车向低位行驶。对小车的这种控制，是本例程序设计的主线。

按照控制要求，编写的程序还要满足以下要求：其一，若有某工位呼车则应立即封锁其他工位的呼车信号；其二，小车行驶到位后应在该工位停留一段时间，即延迟一定时间再解除对呼车信号的封锁；其三，失压保护程序；其四，呼车显示程序。

将对各环节编写的程序合理地联系起来，即得到一个满足控制要求的程序。本例设计的梯形图如图 7-11 所示。

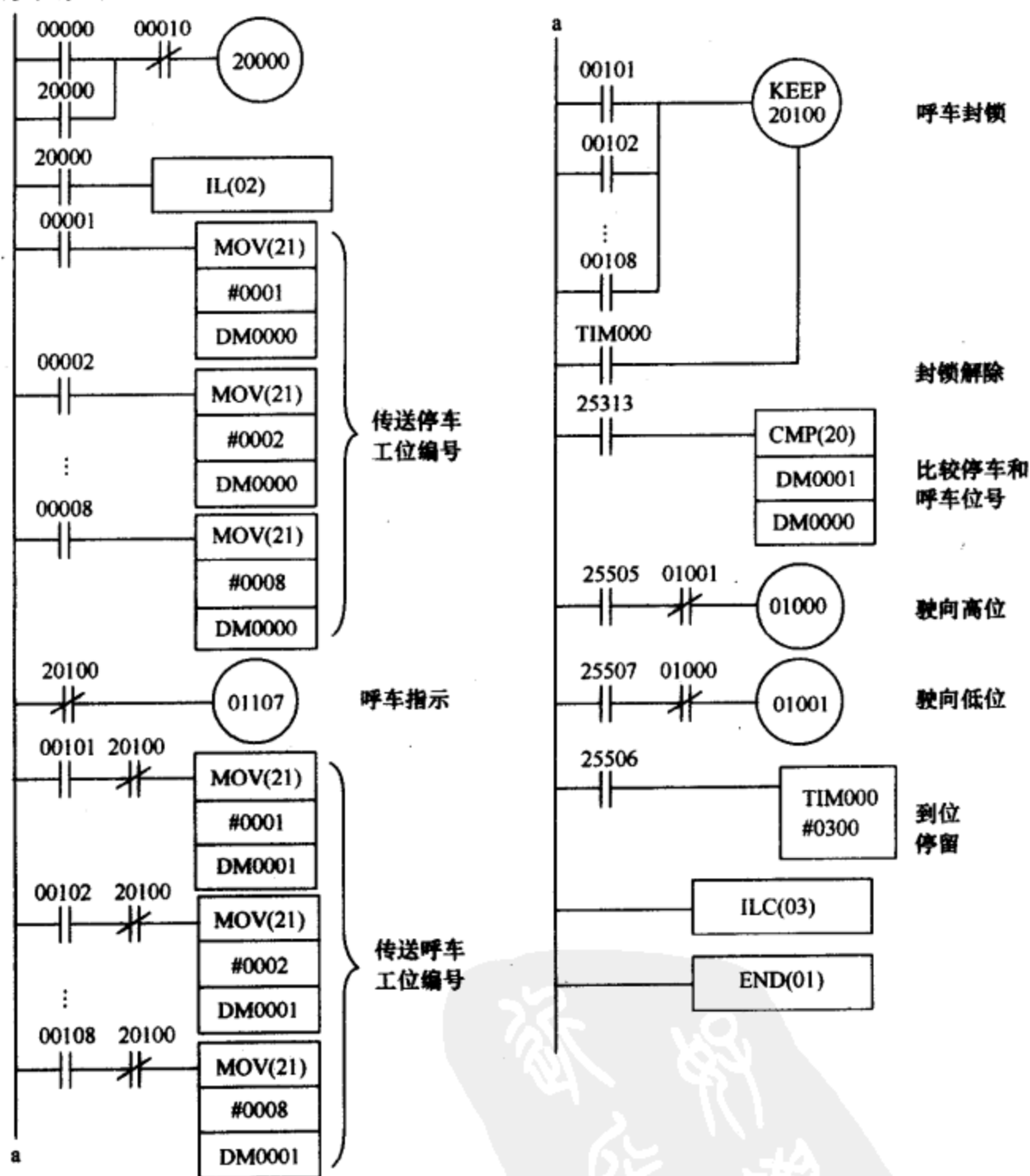


图 7-11 小车自动控制梯形图

重点提示 对图中所示的程序简要分析如下：

(1)用 MOV 指令分别向 DM0000 通道传送车位信号，向 DM0001 通道传送各位的呼车信号。没有呼车时，常闭触点 20100 接通，01107 为 ON，各位的指示灯亮，此时，各工位

可以呼车。

(2)本例用 KEEP 指令进行呼车封锁和解除封锁的控制。只要某位呼车,就执行 KEEP 指令,将 20100 置为 ON,从而使其他传送呼车信号的 MOV 指令不能执行,实现先呼车的位优先用车。同时指示灯灭,示意别的位不能呼车,即呼车封锁开始。

(3)执行 CMP 指令可以判别呼车位号比停车位号大还是小,从而决定小车的行驶方向。若呼车位号比停车位号大,则 01000 为 ON,小车驶向高位。在行车途中经由各位时必然要压动各位的限位开关,即行车途中 000 通道的内容随时改变,但由于其位号都比呼车位号小(001 中的呼车位号不变),故可继续行驶直至到达呼车位。若呼车位号比停车位号小,则小车驶向低位。在行车途中要压动各位的限位开关,但其位号都比呼车位号大,故可继续行驶直至到达呼车位。

(4)当小车到达呼车位时:其一,使 25505 或 25507 变为 OFF,使 01000 或 01001 为 OFF,小车停在呼车位;其二,使 25506 变为 ON,则立即起动 TIM000 开始定时,使小车在呼车位停留 30s。30s 到,使 20100 复位,指示灯亮并解除呼车封锁。此后各工位又可以开始呼车。

(5)若系统运行过程中掉电再复电时,不按下起动按钮程序是不会执行的。另外,在 PLC 外部也设置失压保护措施,所以掉电再复电时,小车不会自行起动。

五、功能模块设计法

根据模块化设计思想,可对系统按控制功能进行模块划分,依次对各控制的功能模块设计梯形图。

例如,在 PLC 电梯控制系统中,对电梯控制按功能可分为:厅门开关控制模块,选层控制模块,电梯运行控制模块,呼梯显示控制模块等。按电梯功能进行梯形图设计,可使电梯相同功能的程序集中在一起,程序结构清晰,便于调试,还可以根据需要灵活增加其他控制功能。

当然,在设计中要注意模块之间的互相影响、时序关系,以及连锁指令的使用条件。同一种控制功能可有不同的软件实现方法,应根据具体情况采用简单实用的方案,并应充分利用不同机型所提供的编程指令,使程序尽量简洁。

六、时序图设计法

如果 PLC 各输出信号的状态变化有一定的时间顺序,可用时序图法设计程序。因为在画出各输出信号的时序图后,容易理顺各状态转换的时刻和转换的条件,从而建立清晰的设计思路。

例如,在十字路口上设置的红、黄、绿交通信号灯的布置如图 7-12 所示。由于东西方向的车流量较小、南北方向的车流量较大,所以南北方向的放行(绿灯亮)时间为 30s,东西方向的放行时间(绿灯亮)为 20s。当东西(或南北)方向的绿灯灭时,该方向的黄灯与南北(或东西)方向的红灯一起以 1Hz 的频率闪烁 5s,以提醒司机和行人的注意。然后,立即开始另一个方向的放行。要求只用一个控制开关对系统进行启停控制。

下面介绍用时序图设计法编程的思路。

(1)分析 PLC 的输入和输出信号,作为选择 PLC 机型的依据之一。在满足控制要求

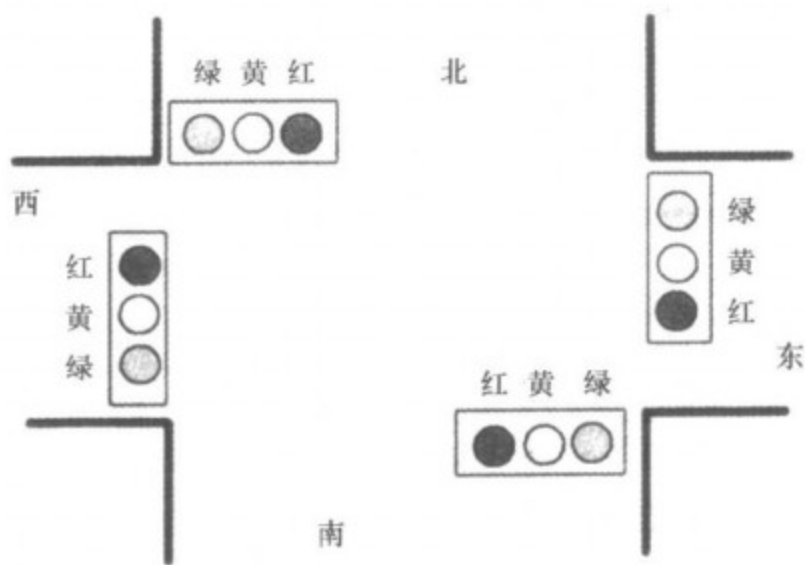


图 7-12 交通灯布置图

的前提下,应尽量减少占用 PLC 的 I/O 点。由上述控制要求可见,由控制开关输入的启、停信号是输入信号。由 PLC 的输出信号控制各指示灯的亮、灭。在图 7-12 中,南北方向的三色灯共 6 盏,同颜色的灯在同一时间亮、灭。所以,可将同色灯两两并联,用一个输出信号控制。同理,东西方向的三色灯也依此设计,只占 6 个输出点。

(2)为了弄清各灯之间亮、灭的时间关系,根据控制要求,可以先画出各方向三色灯的工作时序图,如图 7-13 所示。

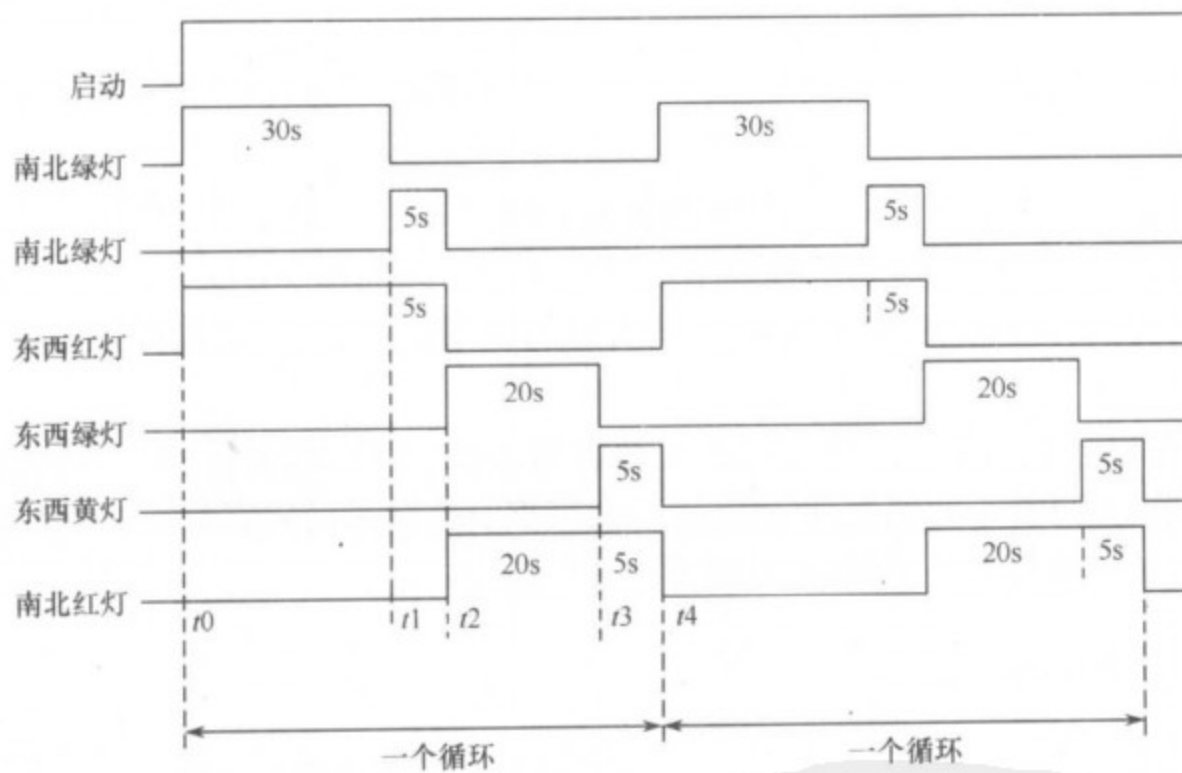


图 7-13 交通灯的工作时序

南北方向放行时间可分为两个时间区段,南北方向的绿灯和东西方向的红灯亮,换向前东西方向的红灯与南北方向的黄灯一起闪烁;东西方向放行时间也分为两个时间区段,东西方向的绿灯和南北方向的红灯亮,换向前南北方向的红灯与东西方向的黄灯一起闪烁。

(3)一个循环分为 4 个区段,这 4 个时间区段对应着 4 个分界点: t_1, t_2, t_3, t_4 。在这 4 个分界点处,信号灯的状态将发生变化。4 个时间区段必须用 4 个定时器来控制。为了明确各定时器的职责,以便于理解各色灯状态转换的准确时间,下面列出定时器的功能明细表(表 7-7)。

表 7-7 各定时器一个循环中的功能

定时器	t_0	t_1	t_2	t_3	t_4
TIM000 定时 30s	开始定时, 南北 绿灯和东西红灯 开始亮	定时到, 输出 ON 且保持, 南北绿 灯灭, 南北黄灯 和东西红灯开始 闪	ON	ON	开始下一个循 环的定时
TIM001 定时 35s	开始定时	继续定时	定时到, 输出 ON 且保持, 南北黄 灯和东西红灯 灭, 东西绿灯和 南北红灯开始亮	ON	开始下一个循 环的定时
TIM002 定时 55s	开始定时	继续定时	继续定时	定时到, 输出 ON 且保持, 东西绿 灯灭, 东西黄灯 和南北红灯开始 闪	开始下一个循 环的定时
TIM003 定时 60s	开始定时	继续定时	继续定时	继续定时	定时到, 输出 ON 随即自动复 位开始下一个 循环的定时。 东西黄灯和南 北红灯灭, 南北 绿灯和东西红 灯开始亮

(4) 进行 PLC 的 I/O 分配。若选用 CPM1A 时, I/O 分配表见表 7-8。

表 7-8 I/O 分配表

输 入		输 出	
控制开关	0000	南北绿灯	01000
		南北黄灯	01001
		南北红灯	01002
		东西绿灯	01003
		东西黄灯	01004
		东西红灯	01005

(5) 根据定时器功能表和 I/O 分配表, 画出的梯形图如图 7-14 所示。

重点提示 对图中所示的程序简要分析如下。

(1) 程序用 IL/ILC 指令控制系统启停, 当 00000 为 ON 时程序执行, 否则不执行。

(2) 程序起动后 4 个定时器同时开始定时, 且 01000 为 ON, 使南北绿灯亮、东西红灯亮。

(3) 当 TIM000 定时时间到: 其一, 01000 为 OFF 使南北绿灯灭; 其二, 01001 为 ON, 使南北黄灯闪烁(25501 以 5Hz 的频率 ON、OFF), 东西红灯也闪烁。

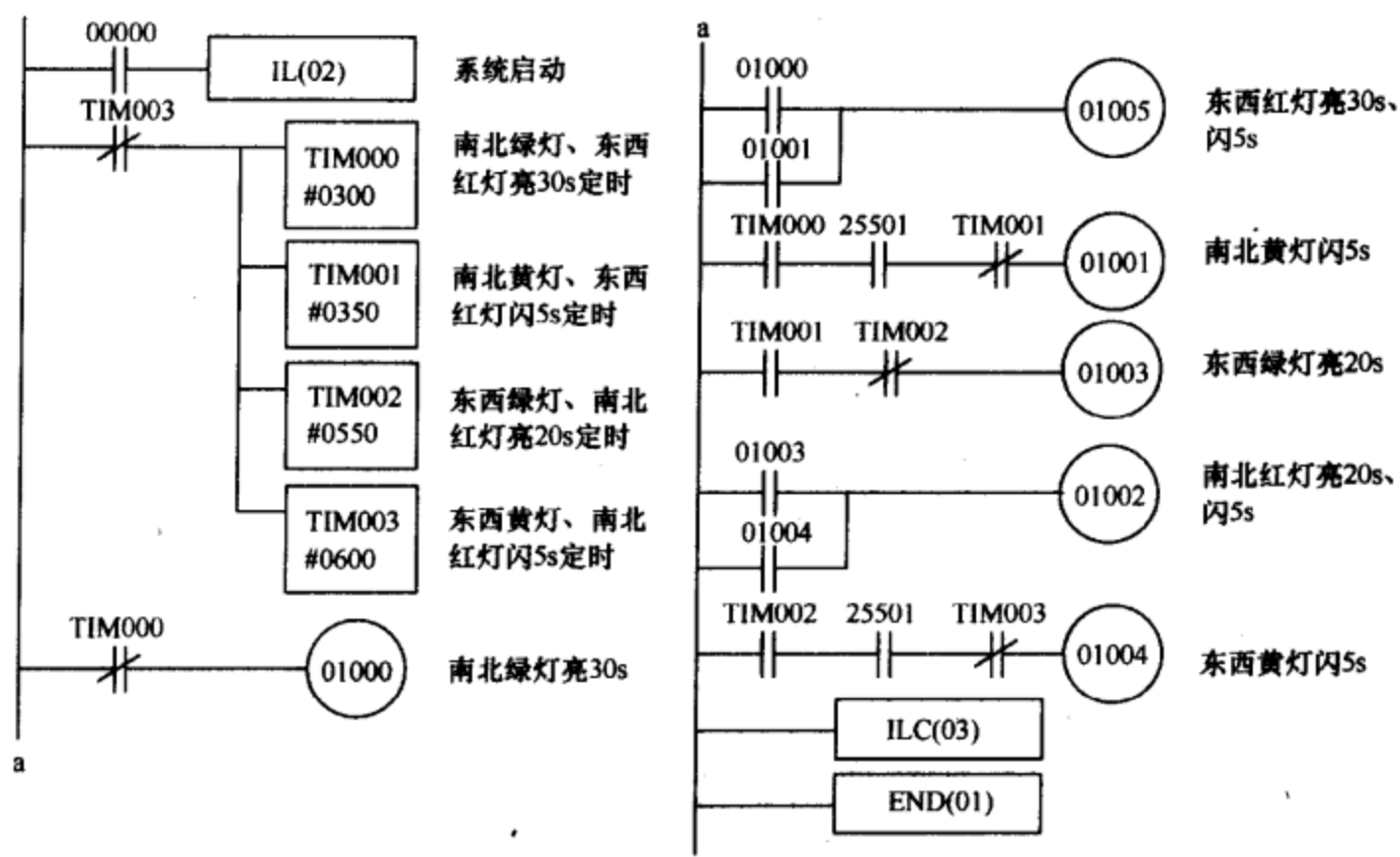


图 7-14 交通灯梯形图

(4) 当 TIM001 定时时间到: 其一, 01001 为 OFF 使南北黄灯、东西红灯灭; 其二, 01003 为 ON 使东西绿灯、南北红灯亮。

(5) 当 TIM002 定时时间到: 其一, 01003 为 OFF 使东西绿灯灭; 其二, 01004 为 ON 使东西黄灯闪烁, 南北红灯也闪烁。

(6) TIM003 记录一个循环的时间。当 TIM003 定时时间到: 其一, 01004 为 OFF 使东西黄灯、南北红灯灭; 其二, TIM000~TIM003 全部复位, 并开始下一个循环的定时。由于 TIM000 为 OFF, 所以南北绿灯亮、东西红灯亮, 并重复上述过程。

上面介绍了 PLC 梯形图的几种常见设计方法, 除此之外, 还有其他一些方法, 如顺序控制设计法、综合法等。在系统设计中, 对不同的环节, 可根据具体情况, 采用不同的设计方法。通常在全局上采用程序框图及功能模块方法设计; 在旧设备改造中, 采用替代法设计; 在局部或具体功能的程序设计上, 采用逻辑代数法和经验法。

第三节 CPM1A 系列可编程控制器的应用

学习 PLC 的最终目的是能把它应用到实际的工业控制系统中去。前面介绍了 PLC 的几种常用设计方法, 下面将从电动机的基本控制环节开始, 简要介绍 CPM1A 系列小型 PLC 在工业控制中的应用。

一、电动机基本控制电路

在各行业广泛使用的电气设备和生产机械中, 其自动控制系统大多以各类电动机或其他执行电器为被控对象, 生产过程和工艺要求不同, 对控制系统要求也不同, 但无论控制系统的规模有多大, 都是由一些基本的控制环节组成的。下面以三相鼠笼型异步电机

为例,介绍采用 PLC 实现对异步电机的控制。

1. 起动停止控制电路

在继电器—接触器控制系统中,可分成主电路和控制电路两部分。使用可编程控制器技术,就是用其程序取代继电器—接触器系统中的控制电路的控制功能。所以,可编程控制器的输入端一般连接一些主令电器,而其输出端一般连接接触器或电磁阀的线圈。

可编程控制器输入端、输出端与外部连接电路称为 I/O 配线图,配合梯形图和程序清单,就可以组成可编程控制器控制系统。通常情况下,可编程控制器只起逻辑控制作用,不直接驱动负载(例如电动机)。

下面从继电器—接触器控制电路开始,逐步引入可编程控制器的梯形图。

1) 继电器—接触器控制电路

起动停止继电器—接触器控制电路如图 7-15 所示。

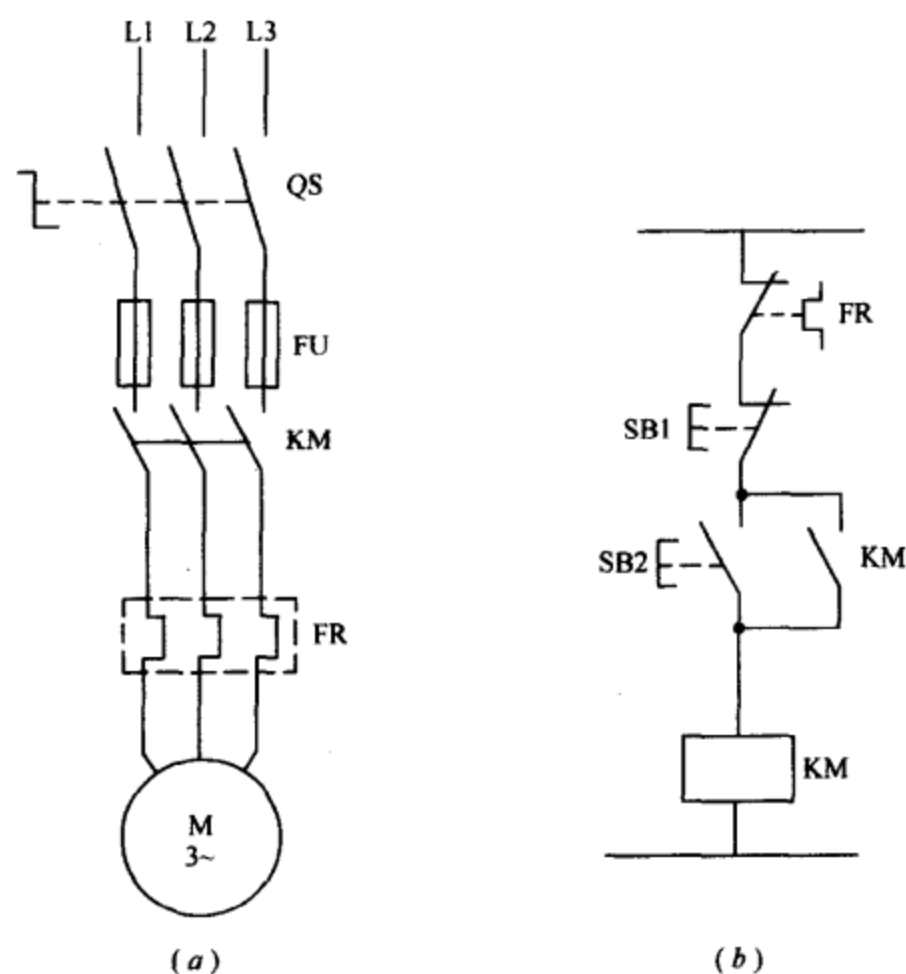


图 7-15 起动停止继电器—接触器控制电路

电动机起动的过程为:合上开关 QF,按起动按钮 SB2,接触器 KM 的线圈得电,其主触头 KM 闭合,电动机开始转动。由于接触器的辅助触点 KM 闭合且与起动按钮 SB2 并联,因此当松开起动按钮后,KM 线圈通过其本身辅助触点可以继续保持通电,维持其吸合状态,起到了自锁作用。

电动机停转的过程为:按停止按钮 SB1,接触器 KM 的线圈失电,其主触头和辅助常开触点均断开,电动机失电停转。

2) PLC 的 I/O 配线图

I/O 配线图是可编程控制器的输入/输出连接图,也即是可编程控制器外部接线图。可编程控制器所要连接的外部电气元件,根据其功能不同,应分别连接在可编程控制器的输入端或输出端,这些电气元件可参见图 7-15(b)所示控制电路的元件。对于可编程控

制器输入端或输出端连接的元件,应确定其对应连接端子上的编号,这就是外部的电气元件在可编程控制器上的 I/O 编号。I/O 配线图如图 7-16 所示。与图中对应的 I/O 分配表见表 7-9。

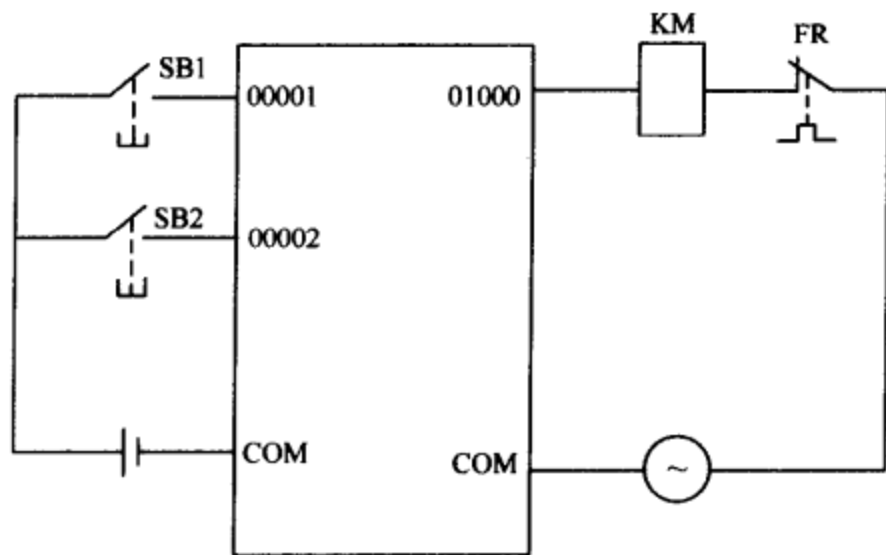


图 7-16 启动停止控制电路配线图

表 7-9 I/O 分配表

输 入		输 出	
停止按钮 SB1	00001	接触器 KM	01000
启动按钮 SB2	00002		

3)PLC 梯形图

根据继电器—接触器控制电路图和 I/O 分配表,画出对应的梯形图如图 7-17 所示。

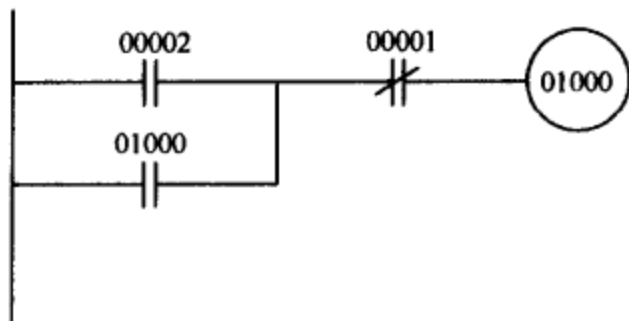


图 7-17 启动停止控制梯形图

2. 单向启动、点动控制电路

1)继电器—接触器控制电路

电动机单向直接启动、点动控制继电器—接触器电路如图 7-18 所示。

图中,SA 为选择开关,可进行自动—手动控制(图中 SA 位置为“自动”位置)。

SQ1、SQ2 为行程开关,在 SA 置于自动位置时,由机械装置上的撞块压合 SQ1 或 SQ2,可自动完成单向启动和停止控制。

SB1、SB2 为停止、启动按钮,当 SA 置于“手动”位置时,SB1 和 SB2 可进行单向停止和启动控制。

SB3 为点动按钮,当 SA 置于“手动”位置时,SB3 可进行点动控制。

FR 为热继电器,对电动机进行过载保护。

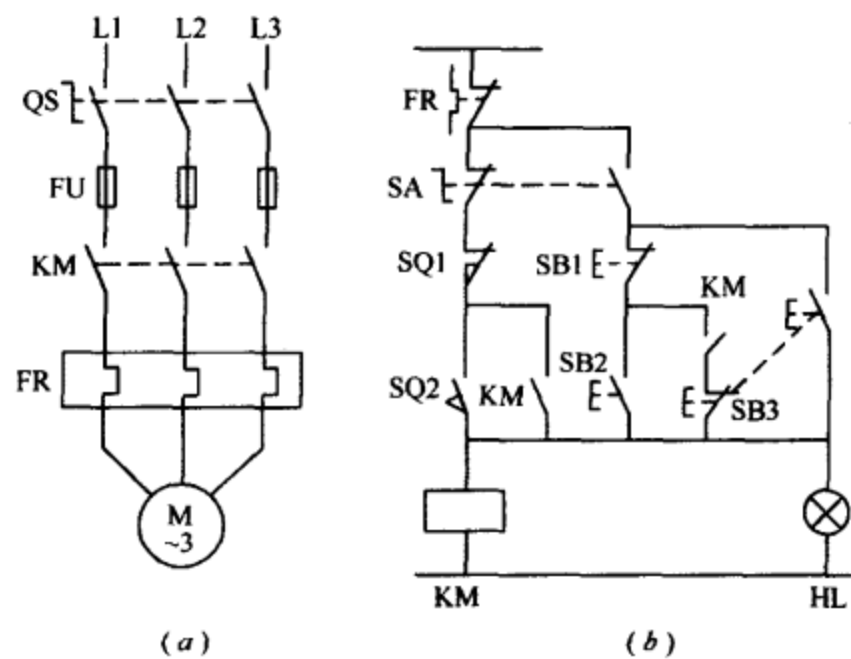


图 7-18 单向直接起动、点动控制继电器—接触器电路
HL 为信号灯,指示电动机工作状态。

2)PLC 的 I/O 配线图

将输入元件和输出元件连接于可编程控制器的相应端子上,就构成可编程控制器的 I/O 配线图,如图 7-19 所示。

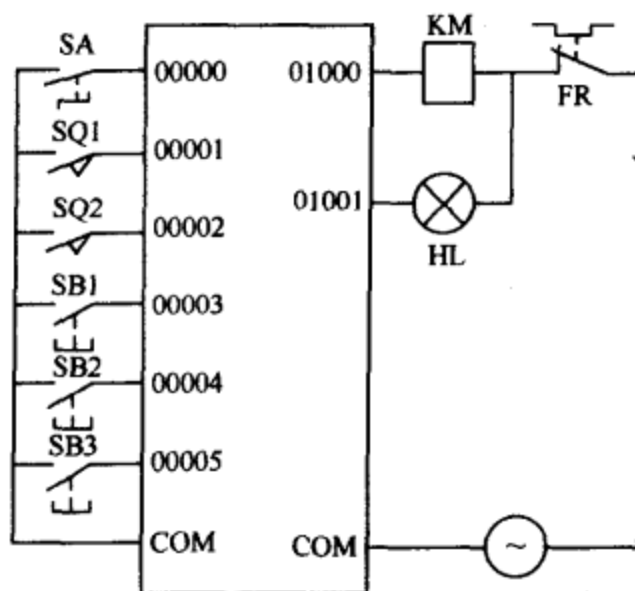


图 7-19 单向起动、点动控制配线图
与图中对应的 I/O 分配表见表 7-10。

表 7-10 I/O 分配表

输 入		输 出	
自动手动选择开关 SA	00000	接触器 KM	01000
停止行程开关 SQ1	00001	信号灯 HL	01001
起动行程开关 SQ2	00002		
停止按钮 SB1	00003		
长动按钮 SB2	00004		
点动按钮 SB3	00005		

图中,全部输入元件都使用其动合触点接入,热继电器 FR 的动断触点仍接在可编程控制器的输出端。所选用的输入、输出元件的电气规格,要与所用可编程控制器输入、输出端的电气规格一致。

3) PLC 梯形图

单向直接起动、点动可编程序控制器控制的梯形图如图 7-20 所示。

下面对 PLC 梯形图的工作情况简要说明如下。

SA 自动—手动选择开关对应的可编程序控制器内部接点 00000 使用了两个(动合、动断各一个)。当 SA 为断开(OFF)状态时,利用其动断触点 00000 执行自动程序,由内部辅助继电器 20000 驱动输出继电器 01000 和 01001。当 SA 为闭合(ON)状态时,利用其对应的动断触点 00000 断开,自动程序不被执行;动合触点 00000 闭合,通过内部辅助继电器 20001 和分支指令 IL 执行程序。因为内部辅助继电器 20002 的触点和自动程序内部辅助继电器 20001 触点并联,同样可以驱动输出继电器 01000 和 01001。

(1)自动执行程序 当 SA 为断开(OFF)状态时,动断触点 00000 闭合,执行自动程序,利用 20000 驱动 01000 和 01001。自动工作一个循环结束时,行程开关 SQ2 被压下,使 00002 闭合。

(2)手动控制 当 SA 为闭合(ON)时,利用 20001 和 IL、ILC 指令手动程序,通过 20002 驱动 01000 和 01001。

长动 按下起动按钮 SB2,00004 接通,线圈 20002 得电,驱动 01000 和 01001 工作。

停车 按下停止按钮 SB1,00003 接通,线圈 20002 失电,01000 和 01001 不能工作。

点动 按下点动按钮 SB3,有三对 00005 的触点配合内部辅助继电器 20003 和延时继电器 TIM000 实现点动控制。

重点提示 TIM000 是在 SB3 松开才得电开始计时的,然后使用串联于 20002 自锁回路中的 20003 复位闭合,这个过程就相当于控制电路中复合按钮 SB3 复位动作的过程。因此,TIM000 设定时间越短越好,取 0.1s 以保证紧接下一步手动起动时能够可靠自锁。

4) I/O 配线图与梯形图的改进

对于图 7-19 和图 7-20 的设计方案,是可以实现电动机单向起动控制功能的。如果考虑到 I/O 配线的合理性和对点数的节省等因素,可对上述线路改进,以便取得更好的控制效果。

(1)输入设备采用动合或动断触点接入 在图 7-19 中,输入设备全部采用动合触点接入,特别是行程开关 SQ1 和停止按钮 SB1,都改为动合触点方式接入。这种方式的 I/O

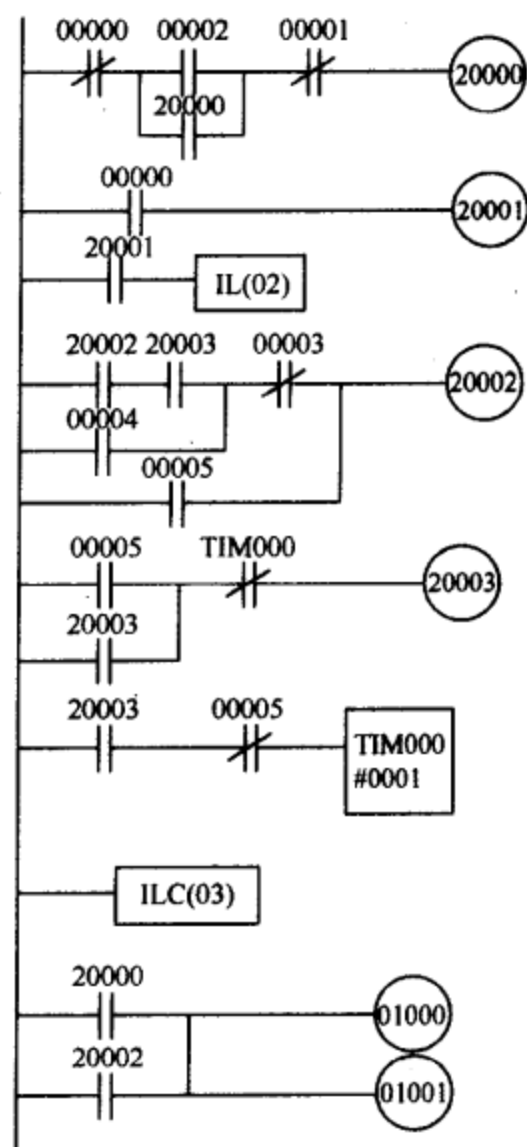


图 7-20 单向直接起动、点动控制梯形图

配线,其优点是对可编程控制器进行 I/O 外部接线施工时,对所有的输入设备统一按动合触点接线,可以有效地防止接线错误。但就其安全性考虑,还是应该将 SQ1 和 SB1 按照图 7-18 中动断方式接入。因为动断方式接入时,在 SQ1 或 SB1 的动断触点发生触点接触不良,线路断路,接线螺丝松动等故障时,可以作为一种故障停机信号送入可编程控制器,使电动机停转。如果采用动合触点方式接入,就无法反映这类外部故障。

如果 SQ1 和 SB1 用动断触点方式接入,图 7-20 所示梯形图中对应的输入继电器触点状态也应改变,应用 00001 和 00003 的动合触点代替图 7-20 中的动断触点。

(2)热继电器动断触点的处理 在应用可编程控制器组成的控制系统中,原则上都应该把输出端被控对象的动作状态,作为输入信号接到输入端,这样可以充分发挥可编程控制器的控制功能。

在前述电动机单向起动、点动控制 I/O 配线图中,是按照继电器—接触器系统控制方式,将热继电器动断触点 FR 和接触器 KM 线圈串联,作为过载保护,这实质上是一种外部保护。其保护过程是当电动机发生过载时,热继电器 FR 动断触点断开,切断接触器 KM 线圈供电电路,电动机因接触器主触点断开(复位)而停车。这种保护方式此时只切断了可编程控制器输出端的外部电路,而可编程控制器主机本身并没有停机,那么此时输出继电器 01000 对接触器 KM 线圈仍然有输出信号,只是接触器 KM 线圈不通路而已。这种情况下若按动热继电器 FR 的复位按钮,那么其因过载而断开的触点会瞬时闭合,导致接触器 KM 线圈被立即接通,电动机也会随之而转动,极易引起设备损坏或人身安全事故。

解决这类问题的方法是将电动机的过载信号引入可编程控制器输入端,以便在电动机停转的同时,也使可编程控制器主机停止工作,改进后的 I/O 配线图和梯形图如图 7-21 所示。

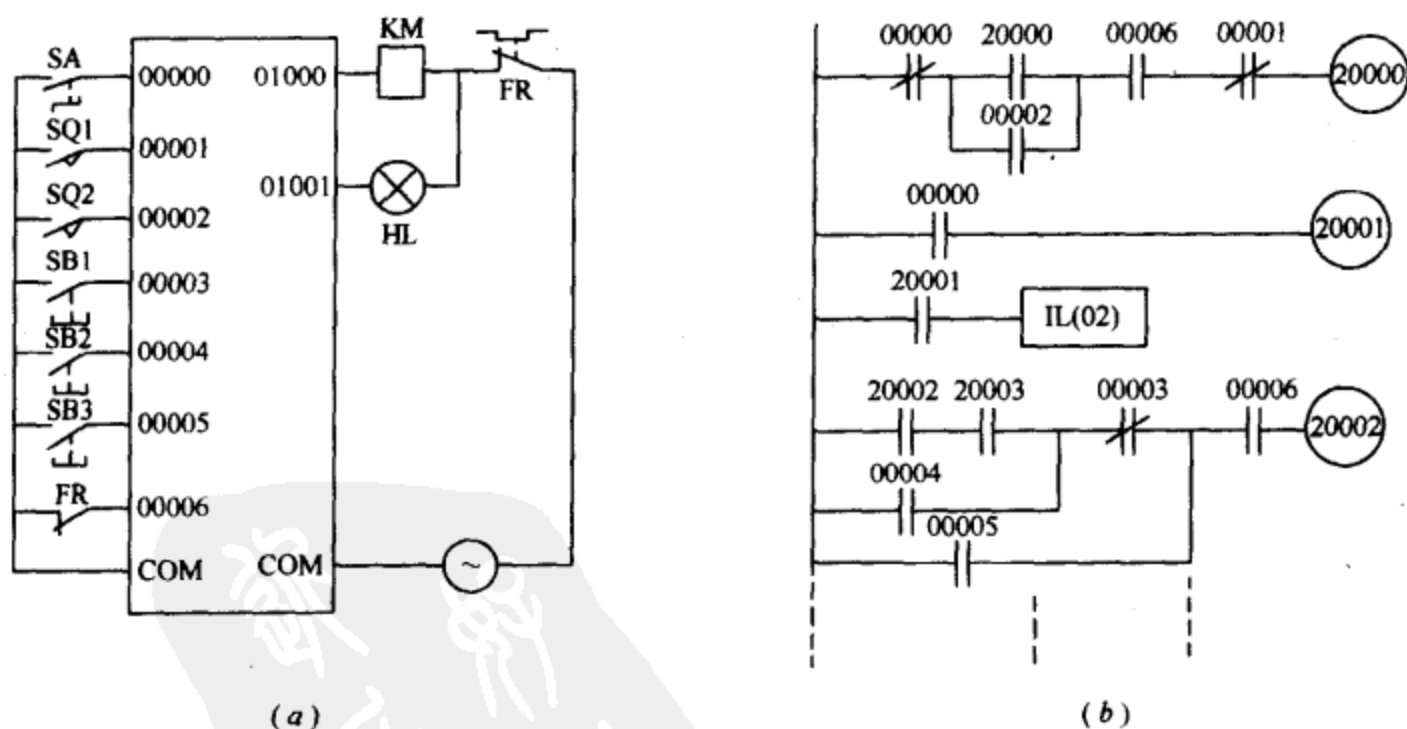


图 7-21 改进后的配线图和梯形图

图 7-21(a)中,将热继电器 FR 的动断触点接于可编程序控制器输入端。图 7-21(b)中,在 20000 和 20002 自锁支路增加与 FR 动断触点对应的内部动合触点 00006。电动机工作正常时,00006 闭合,保证自锁支路能够正常工作。当电动机过载时,热继电器 FR

动作,切断交流接触器 KM 线圈供电电路,FR 接在可编程控制器输入端的动断触点 00006 就会把电动机过载信号送入可编程控制器主机,使梯形图中的 00006 触点断开,迫使可编程控制器主机停止工作。

(3)输出端负载的并联 对于可编程控制器几个不同的输出点,若是同步动作的,即执行的是同一个动作内容,就可以考虑将它们并联于同一个输出点,以减少使用接点数。例如前述内容中接于输出端 01001 上的信号灯 HL,是显示接触器 KM 动作情况的,也就是说它与 KM 同步,如果将它们两者并联于同一个输出端 01000 上,可以减少输出点数的使用。

对于从同步动作角度来看可以并联的负载,在实际操作时,要注意输出接点的容量是否满足要求,特别要提醒的是,负载的起动电流应引起注意。一般情况下,像接触器线圈、白炽灯以及容量较大的容性负载,起动电流都远远大于其额定电流,此时应按它们起动电流来校验输出触点是否满足要求,安全可靠应该是考虑的重点,而节省输出点数放在第二位。

节省输出点数,除了并联负载的方式以外,还可以借用接触器 KM 的动合触点连接信号灯 HL,如图 7-22 所示,这种在可编程控制器外部电路上处理指示灯,也是节省输出点数的方法之一。

(4)点动环节的外部处理 由前面的梯形图可知,通过可编程控制器的程序对电动机进行点动控制时,显得很复杂。在实际应用中,可将点动环节直接设置在可编程控制器输出端的外部电路中,如图 7-23 所示。点动环节可以不经过程序控制,只要按下点动按钮 SB3,即可实现点动控制,这种处理方式明显的缺点是增加外部配线的工作量。

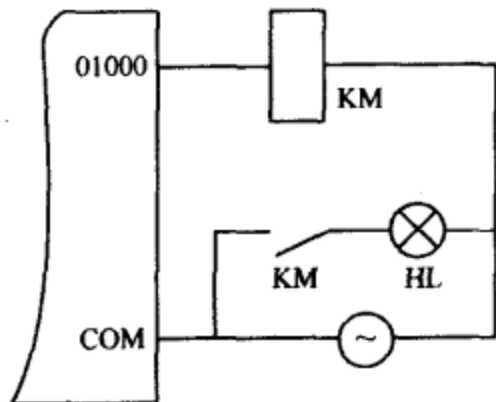


图 7-22 外部信号灯的接法

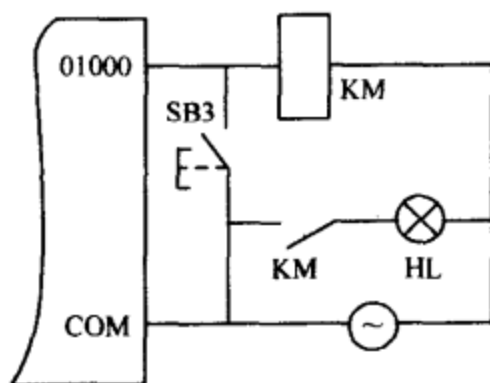


图 7-23 点动环节的外部处理

3. 正反转控制电路

正反转控制的继电器—接触器控制图、I/O 配线图和梯形图在前面介绍替代设计方法时已有介绍,这里再作进一步的分析。

1)继电器—接触器控制电路

在电动机正、反转控制过程中,防止主电路的电源相间短路必须作为一个重要问题来考虑,引起短路的原因其一是正、反转对应的两个接触器同时通电动作;其二是主触点之间的电弧引起短路,这种情况的发生是因电弧尚未熄灭使正在断开的触点仍然处于通电状态,而另一接触器又通电其触点闭合。解决这类问题的有效方法之一是使用互锁环节。图 7-24 为可以防止正、反转接触器同时动作引起短路的控制电路,其中 SB1 为停止按

钮,SB2 为正转控制按钮,SB3 为反转控制按钮,在进行正、反转切换时必须先按一下 SB1。由于接触器 KM1 和 KM2 的动断触点串联在对应线圈支路中,起到互锁作用,这种互锁为电气互锁,可防止两接触器同时动作短路。

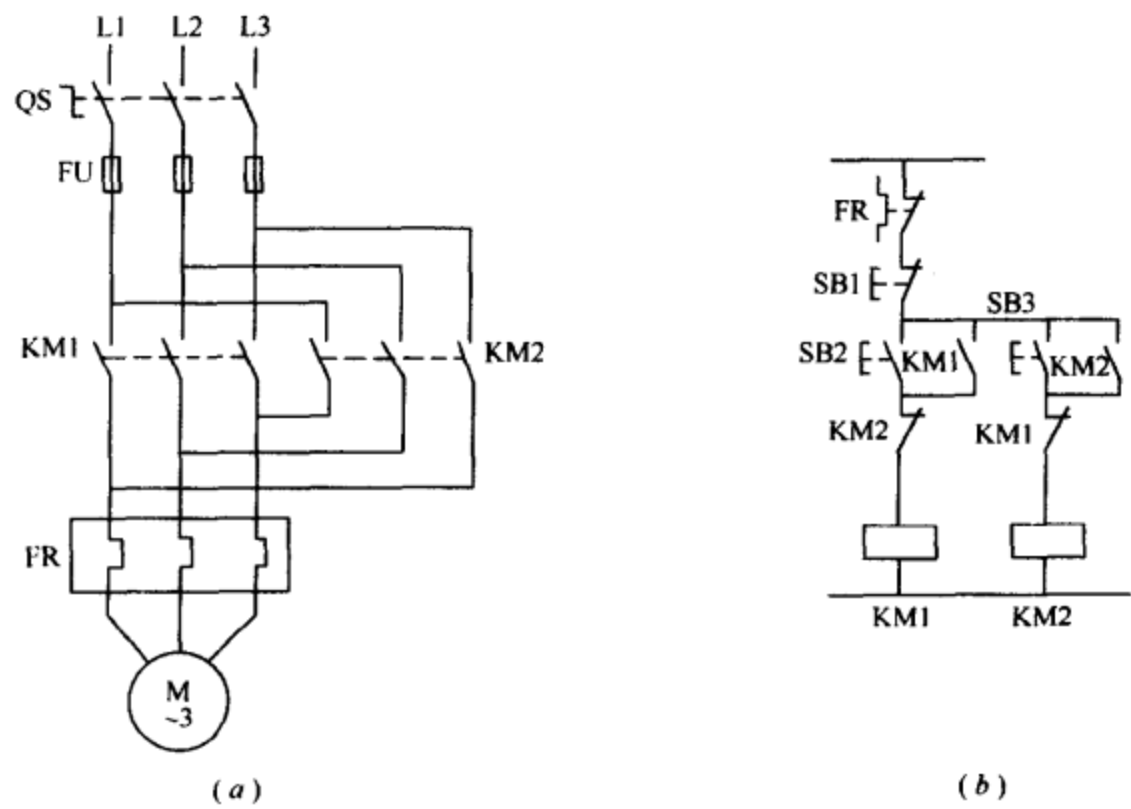


图 7-24 正反转控制电路

可以看出,这个电路就和图 7-2(a)给出的电路是一样的。

2)PLC 的 I/O 配线图

将输入元件和输出元件连接于可编程控制器的相应端子上,就构成可编程控制器的 I/O 配线图,如图 7-25 所示。

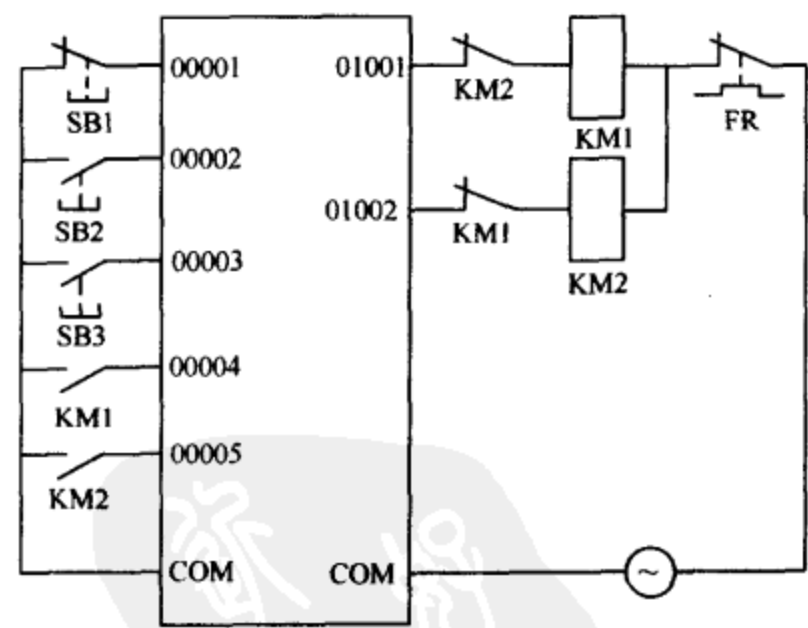


图 7-25 正反转控制配线图

该配线图与前面图 7-2(b)介绍的配线图有三点不同:一是停止按钮采用了动断触点,二是将接触器 KM1、KM2 的动合触点作为输入点,三是在 01000 和 01001 两个输出点和接触器之间加入了 KM1、KM2 两个动断触点,组成硬互锁电路。

与图中对应的 I/O 分配表见表 7-11。

表 7-11 I/O 分配表

输 入		输 出	
停止按钮 SB1	00001	接触器 KM1	01001
正转按钮 SB2	00002	接触器 KM2	01002
反转按钮 SB3	00003		
接触器 KM1 动合触点	00004		
接触器 KM2 动合触点	00005		

3) PLC 的梯形图

根据配线图和 I/O 分配表编制的梯形图如图 7-26 所示。

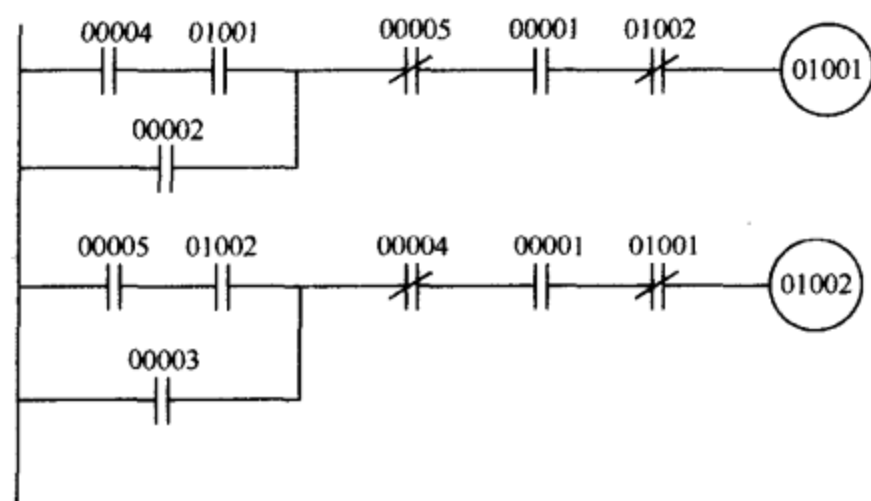


图 7-26 正反转控制的梯形图

在梯形图中,两个输出继电器 01001、01002 之间,也相互构成互锁,这种互锁称为内部软互锁。此外,与负载状态输入信号对应的 00004 和 00005,在梯形图中除了作为互锁条件外,对输出继电器也构成一种软互锁。

正反转控制梯形图的工作过程是:当按下正转按钮 SB2 时,输入继电器 00002 得电,动合触点 00002 闭合,输出线圈 01001 得电,接触器 KM1 线圈得电,电动机正转。松开正转按钮 SB2 后,由于此时动合触点 00004、01001 闭合,构成自锁电路,因此,电机保持正转状态。当按下停机按钮 SB1 时,输入继电器 00001 失电,其动合触点断开,输出线圈 01001 失电,因此,电机停转。反转控制过程与正转控制过程相似,这里不再具体分析。

需要说明的是,电路中设置的软互锁和硬互锁,它们作用并不完全相同。

软互锁的作用是:防止因触点熔焊烧死等外部故障时,本应打开的那只接触器因故障而未打开,可编程控制器对另一个接触器又发出了动作信号,使两只接触器同时处于通电动作状态。设置软互锁后,利用软互锁不接通另一输出继电器,从而防止主电路短路。

硬互锁作用是:防止因噪声在可编程控制器内部引起运算处理错误,导致出现两个输出继电器同时有输出,使正、反转接触器同时通电动作,造成主电路短路。

总之,使用可编程控制器进行正、反转控制时,应该同时使用软互锁和硬互锁,以确保安全。

从以上分析可见,图 7-26 所示比图 7-2(c)所示的梯形图功能更完善,结构更合理。

重点提示 为什么梯形图中 00001 为常开(动合)触点?

与 00001 输入继电器相连的是停机按钮 SB1,虽然配线图中 SB1 设为常闭(动断)按

钮,但这并不意味着梯形图中的 00001 为常闭(动断)触点。这是因为:正常工作时,SB1 处于闭合状态,输入线圈 00001 得电,其动合触点 00001 闭合,因此,可进行正反转控制。当需要停机时,按下停机按钮 SB1,输入线圈 00001 断电,其动合触点 00001 断开,从而使线圈 01001 失电,电机停转。

4. 防止电弧短路正反转控制电路

1)继电器—接触器控制电路

图 7-27 也是一个正反转控制电路,电路中设置了复合按钮,利用复合按钮动合和动断触点动作的时间差,可以防止电弧短路。

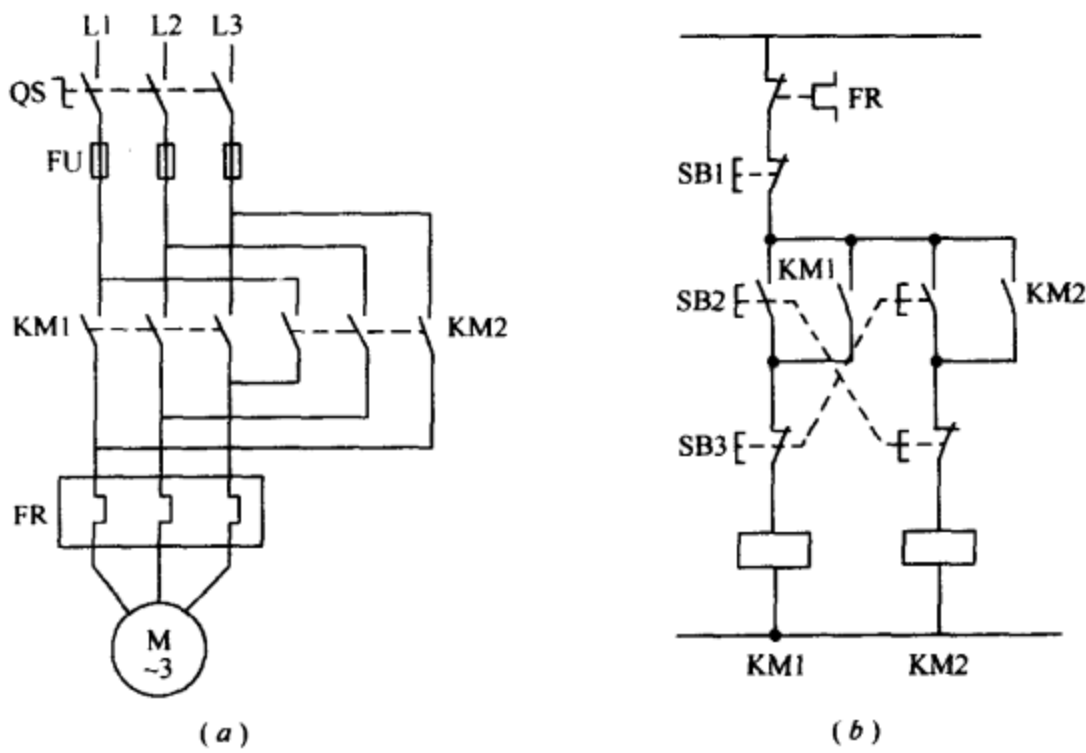


图 7-27 防止电弧短路的控制电路

2)PLC 的 I/O 配线图

将输入元件和输出元件连接于可编程控制器的相应端子上,就构成可编程控制器的 I/O 配线图,如图 7-28 所示。

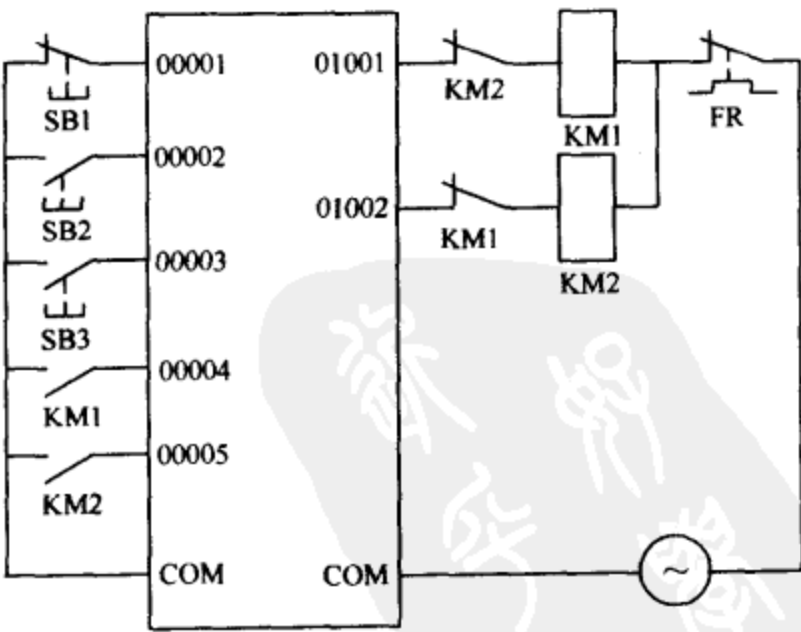


图 7-28 防止电弧短路的配线图

与图中对应的 I/O 分配表见表 7-12。

表 7-12 I/O 分配表

输 入		输 出	
停止按钮 SB1	00001	接触器 KM1	01001
正转按钮 SB2	00002	接触器 KM2	01002
反转按钮 SB3	00003		
接触器 KM1 动合触点	00004		
接触器 KM2 动合触点	00005		

3)PLC 的梯形图

由于可编程控制器内部触点的动作,相对继电器—接触器系统来说是瞬时完成的,所以在梯形图中,就要充分利用内部定时器,使输出继电器的切换有一定的延时时间,防止电弧短路的梯形图如图 7-29 所示。

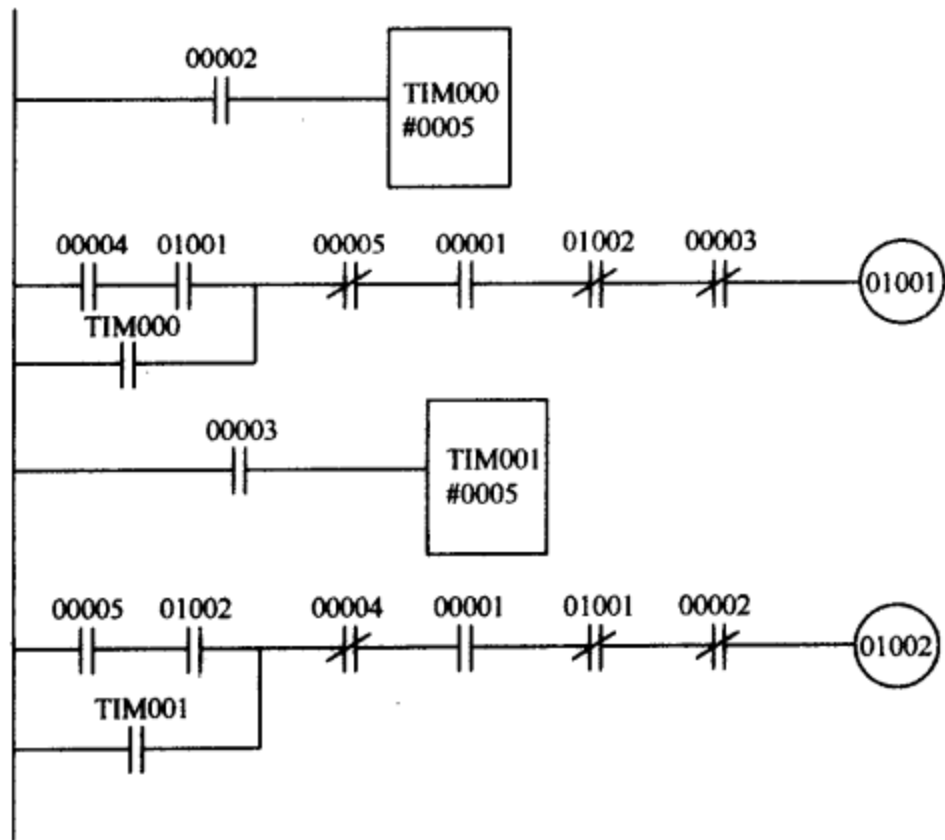


图 7-29 防止电弧短路的梯形图

重点提示 定时器 TIM00 和 TIM01 起电弧互锁作用,它们分别作用在电动机由正转过渡到反转,或由反转过渡到正转过程中,保证正反转切换时 01001 和 01002 的输出变换有一定的时间差,防止接触器 KM1 和 KM2 切换引起电弧短路。

二、常用基本控制电路

在编程时,很重要的一条就是要多掌握一些基本电路的编程方式,在前面介绍了电动机的基本控制电路,下面再介绍一些常用基本电路的例子。

1. 状态保持电路

利用保持继电器 HR 的掉电保持特点,可组成状态保持电路,如图 7-30 所示。在电源掉电时,故障信息被保持,电源恢复后,信号仍保持以前的状态,只有操作复位按钮后,

才能消除此状态。

00002、20000 为故障信息输入，00005 为复位按钮，HR0000 为状态保持寄存器，01000 为故障显示。有故障时，01000 接通 10s。

2. 单按钮启停电路

在实际生产中，如果用一个普通按钮既能控制启动，又能控制停止，则将节省大量输入点，使外部配线简单，同时，也可简化操作。能实现这种要求的电路就称为单按钮启停电路，图 7-31 为一种常见的单按钮启停电路。

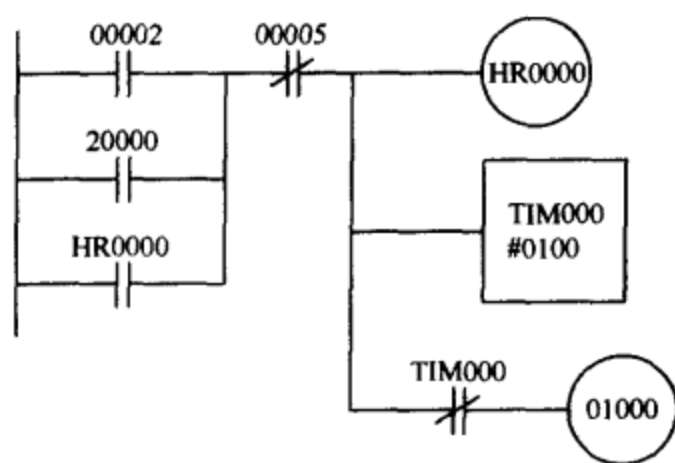


图 7-30 状态保持电路

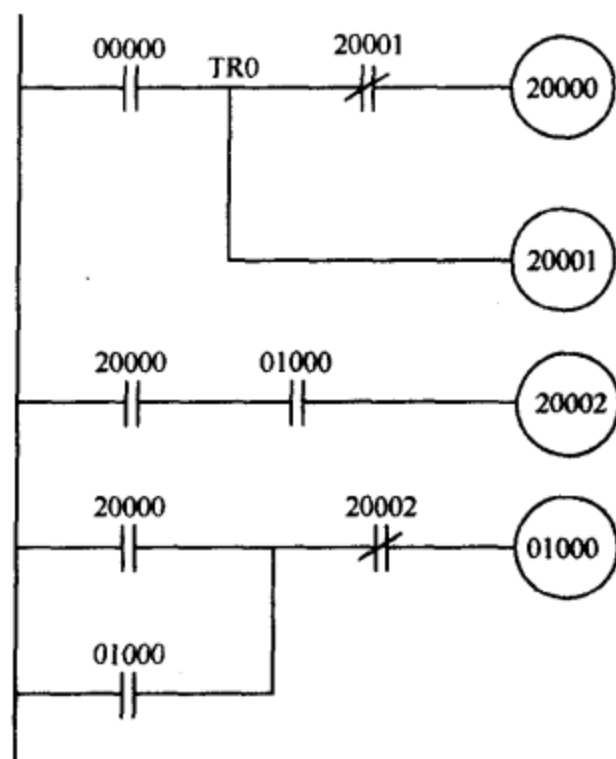


图 7-31 单按钮启停电路

00000 为输入，01000 为输出。当 00000 接通时，20000 为 ON，同时 20001 为 ON，在下一个扫描周期时，20001 动断触点打开，使 20000 为 OFF，即 20000 为 ON 只能保持一个扫描周期。所以，虽然 01000 动合触点闭合，但 20002 不能为 ON，使 01000 保持 ON 状态，同时为 20002 为 ON 作准备；当 00000 第二次接通时，20000 又为 ON，保持一个扫描周期，使 20002 为 ON，保持一个扫描周期，01000 变为 OFF。当 00000 再次为 ON 时，重复上述过程。输入/输出时序图如图 7-32 所示。

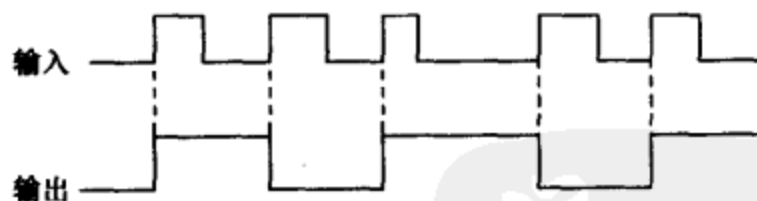


图 7-32 输入/输出时序图

图 7-33 为用计数器构成的一个单按钮启停电路。

23315 为特殊辅助继电器，在 PLC 上电的第一个扫描周期内为 ON，作为初始化脉冲。

当 00000 第一次为 ON 时，01000 为 ON，同时，CNT000 计一次数，当前值为 0001，当 00000 第二次为 ON 时，CNT000 又计一次数，则当前值变为 0000，产生输出，使 CNT000 动断触点打开，从而使 01000 为 OFF。

图 7-34 为用锁存继电器构成的一个单按钮启停电路。

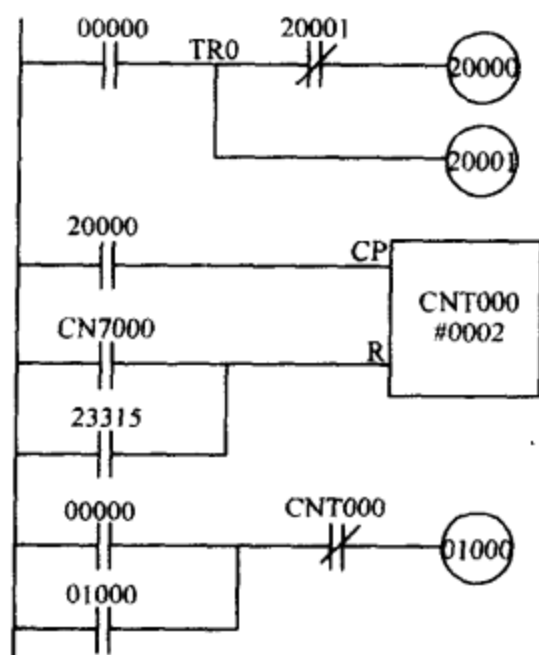


图 7-33 用计数器构成的单按钮启停电路

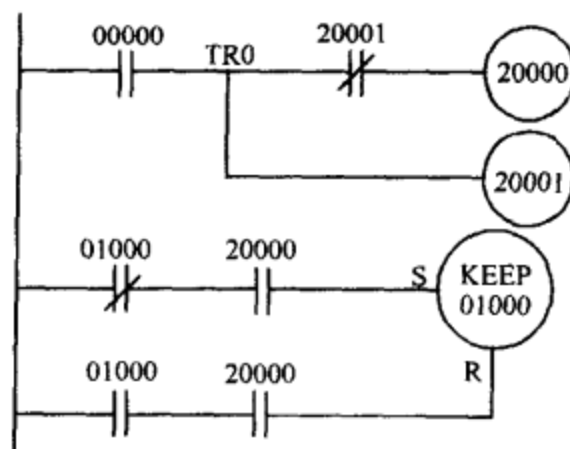


图 7-34 用锁存继电器构成的单按钮启停电路

0000 为按钮输入端,01000 为信号输出端。当 00000 为 ON 时,在 20000 上输出 ON 一个扫描周期。当 00000 第一次为 ON 时,20000 使 S 端为 ON 一个扫描周期,01000 为 ON 并保持;同时,01000 的动断触点打开,动合触点闭合,为 R 端有效作准备。当 00000 第二次为 ON 时,20000 使 R 端有效,01000 为 OFF。

图 7-35 为用微分指令构成的一个单按钮启停电路。

图 7-36 为用移位寄存器构成的单按钮启停电路。

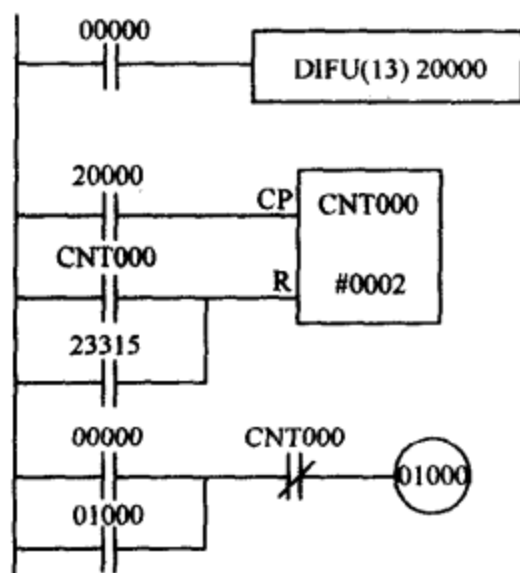


图 7-35 用微分指令构成的单按钮启停电路

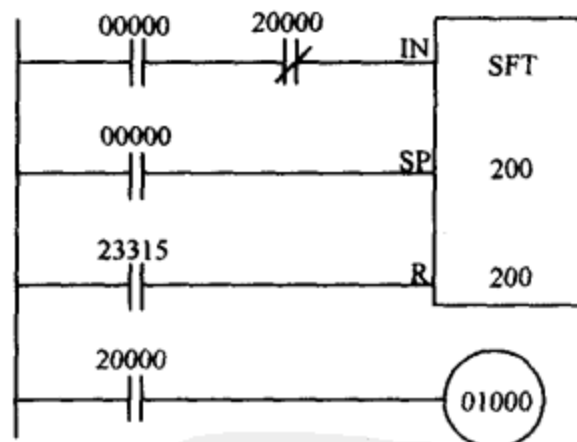


图 7-36 用移位寄存器构成的单按钮启停电路

用输入信号 00000 作为脉冲输入,当 00000 第一次为 ON 时,SFT 的数据输入 IN 为 ON,则 20000 为 ON,01000 为 ON。当 00000 第二次为 ON 时,由于 20000 动断触点打开,SFT 的数据 IN 为 OFF,则移位时,20000 为 OFF,而 20001 为 ON,01000 为 OFF。00000 再次为 ON 时,重复上述全过程。

图 7-37 为用 JMP/JME 指令设计的单按钮启停电路。

设 00002 为输入按钮,01000 为输出。当 00002 第一次为 ON 时,JMP 条件为 ON,

01000 自己的动断触点使其线圈接通,即 01000 为 ON。同时,由于 20000 为 ON,在下一个扫描周期,使 JMP 的条件 OFF。所以,虽然 01000 的动断触点打开,但 01000 仍保持原状态,即仍为 ON。当 00002 松开时,00002 为 OFF,20000 动断触点闭合,JMP 的条件仍为 OFF;当 00002 第二次为 ON 时,JMP 的条件又满足一个扫描周期,01000 的动断触点使其线圈断电,即为 OFF,并保持。可见,这是一个单按钮启停电路。

图 7-38 为用比较指令实现单按钮启停电路。

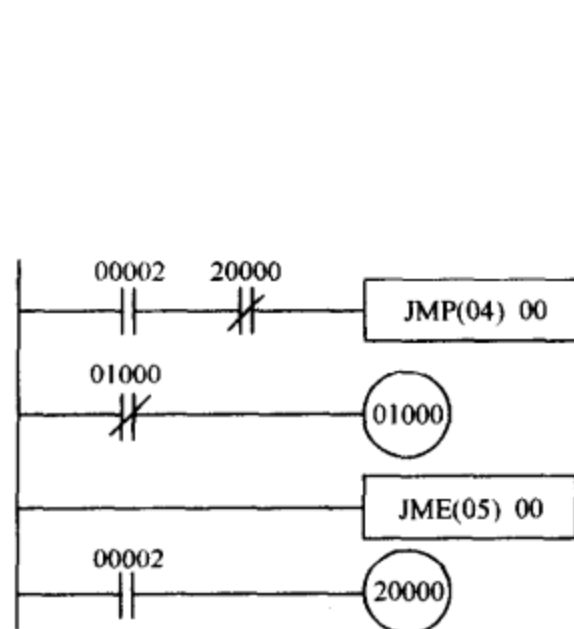


图 7-37 用 JMP、JME 指令设计的单按钮启停电路

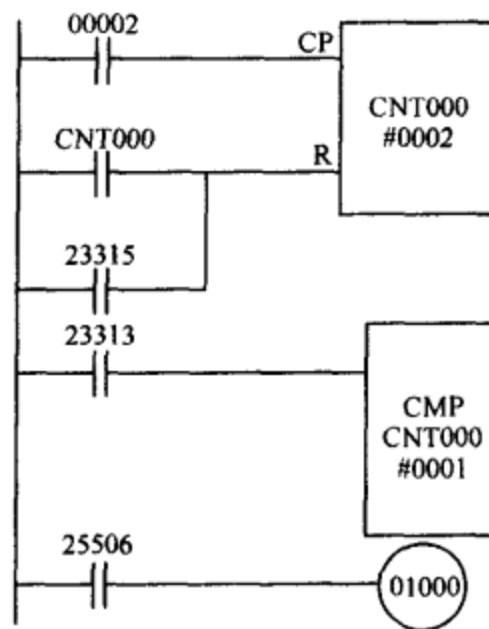


图 7-38 用比较指令实现的单按钮启停电路

当 00002 第一次为 ON 时,计数器当前值减 1,变为 #0001。此时比较指令的执行结果为两数相等,则 25506 为 ON,使 01000 为 ON,当 00002 第二次为 ON 时,计数值又减 1,当前值变为 #0000,产生计数输出,一周后自身复位至整定值 #0002,此时 CMP 的执行结果为 CNT000 小于 1 或 CNT000 大于 1,25506 为 OFF,使 01000 为 OFF,当 00002 再为 ON 时,重复上述过程。

要注意的是,当 CMP 的条件满足时,CPU 每一次扫描时,CMP 指令都将被执行,如果要求只执行一次,则要使用 DIFU/DIFD 指令。

3. 断电延时时间继电器

PLC 中的定时器都是通电延时型,即定时器的输入信号为 ON 时,定时器的设定值作减 1 运算;当设定值减到 0 时,定时器输出一个信号。但在实际应用中,经常需要断电延时型的时间继电器,即通电时(定时器的输入信号为 ON),定时器的输出瞬时动作,动合触点闭合,动断触点打开、而断电时(定时器的输入信号为 OFF),延时一段时间后再复位。上述功能可由图 7-39 所示电路来实现。

00002 为输入信号,01000 为输出信号。当 00002 为 ON 时,01000 瞬时为 ON,并且自锁;此时虽然 01000 的动合触点闭合,但由于 00002 动断触点为 OFF,定时器线圈 TIM000 无法接通;当 00002 为 OFF 时,TIM000 线圈接通,开始定时,经

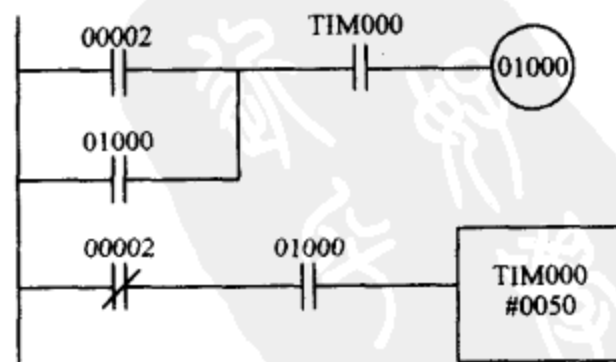


图 7-39 断电延时时间继电器

5s 后,当前值为 0,产生输出,其动断触点打开,使 01000 断电。可见,利用 PLC 的内部定时器,可以实现断电延时型时间继电器的功能。

4. 双延时定时器电路

用图 7-40 所示电路可实现通电、断电都能延时的定时器。

00002 为定时器输入,01000 为定时器输出线圈。00002 闭合时,TIM000 定时,时间到后,01000 为 ON,00002 断开时,TIM001 定时,时间到后,使 01000 为 OFF。

5. 闪光电源振荡电路

利用 PLC 实现的闪光电源,通断时间调整方便,使用灵活。图 7-41 所示电路可产生特定通断间隔的时序脉冲,作为闪光电源振荡电路。

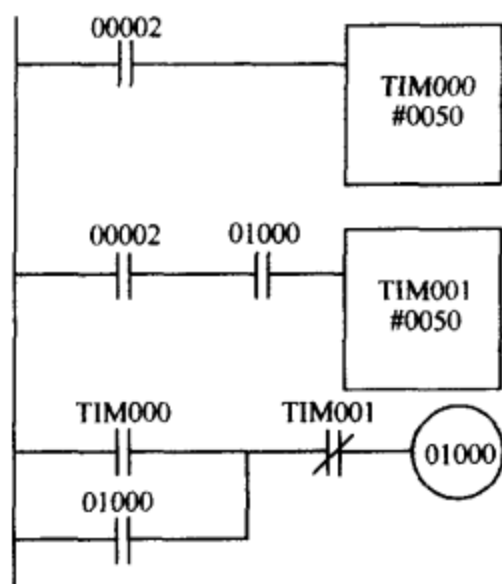


图 7-40 双延时定时器电路

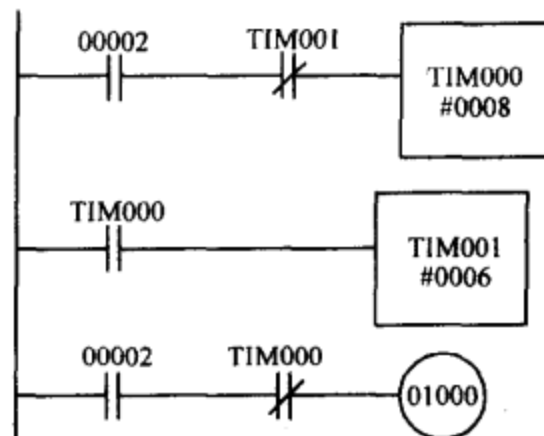


图 7-41 闪光电源振荡电路

当 00002 接通时,TIM000 开始定时,同时 01000 为 ON;0.8s 后,TIM000 动合触点闭合,动断触点打开,TIM001 开始定时,同时 01000 为 OFF;0.6s 后,TIM001 动断触点打开,TIM000 线圈断电,TIM000 动断触点闭合,动合触点打开,01000 又为 ON;同时,TIM001 线圈失电,其动断触点闭合。一个扫描周期后,TIM000 线圈重新得电,如此重复执行,在 01000 上就可得到特定通断间隔的输出。

6. 脉冲发生器

在实际应用中,常需要一定频率的脉冲串。在 PLC 中有 0.1s(25500)、0.2s(25501)、1s(25502)三种时钟脉冲,用图 7-42 所示电路可实现任意额率的脉冲串。

TIM000 在定时过程中,其动合触点断开,动断触点闭合,定对时间到后,动合触点闭合,使 01000 输出为 ON,一个扫描周期后,TIM000 动断触点断开,使其线圈断电,动合触点又打开,使 01000 为 OFF。该电路为每隔 5s 在 01000 上输出一个宽度为一个扫描周期的脉冲。

7. 单稳态电路

单稳态电路为一输出电路,当其输入条件满足时,产生一个固定宽度的输出。单稳态电路分两种:一种是在输入信号的前沿时产生输出,另一种是在输入信号的后沿时产生输出,如图 7-43 所示。这种线路可作

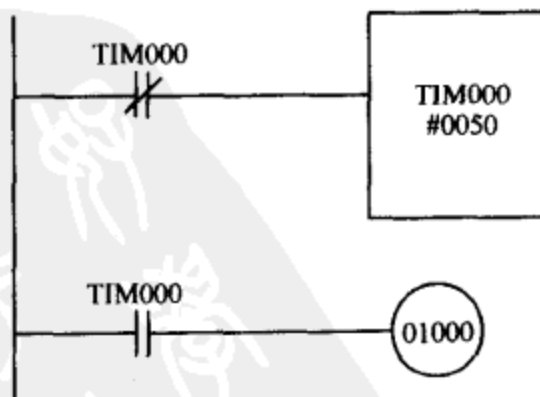


图 7-42 脉冲发生器

为给定信号、计数输入信号或复位信号等使用。

图 7-44 所示电路为输出宽度为一个扫描周期的单稳态电路，不论输入信号的宽度如何。输出都是在前沿和后沿产生一个宽为一个扫描周期的脉冲。

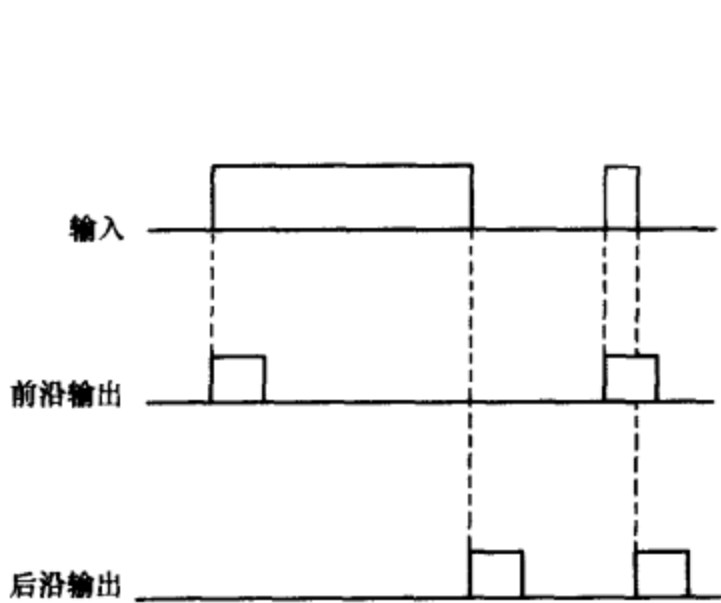


图 7-43 单稳态电路时序图

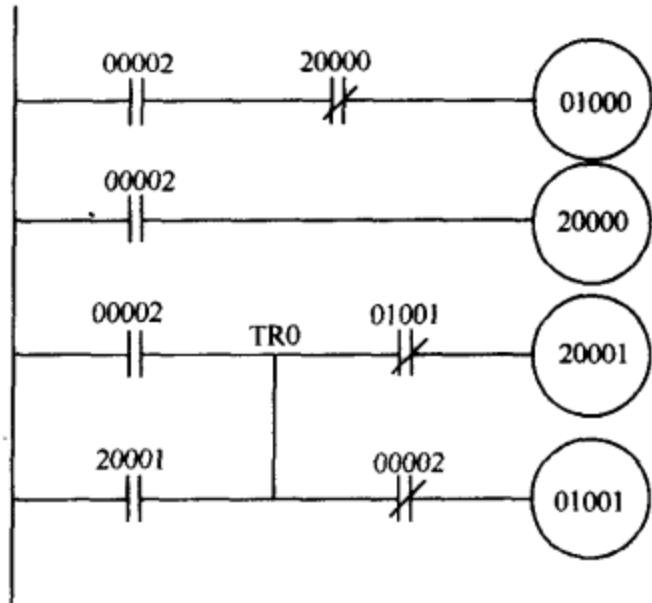


图 7-44 输出宽度为一个扫描周期的单稳态电路

而图 7-45 所示单稳态电路中输出的宽度则可随意调整。TIM000 为前沿宽定时器，TIM001 为后沿宽定时器。

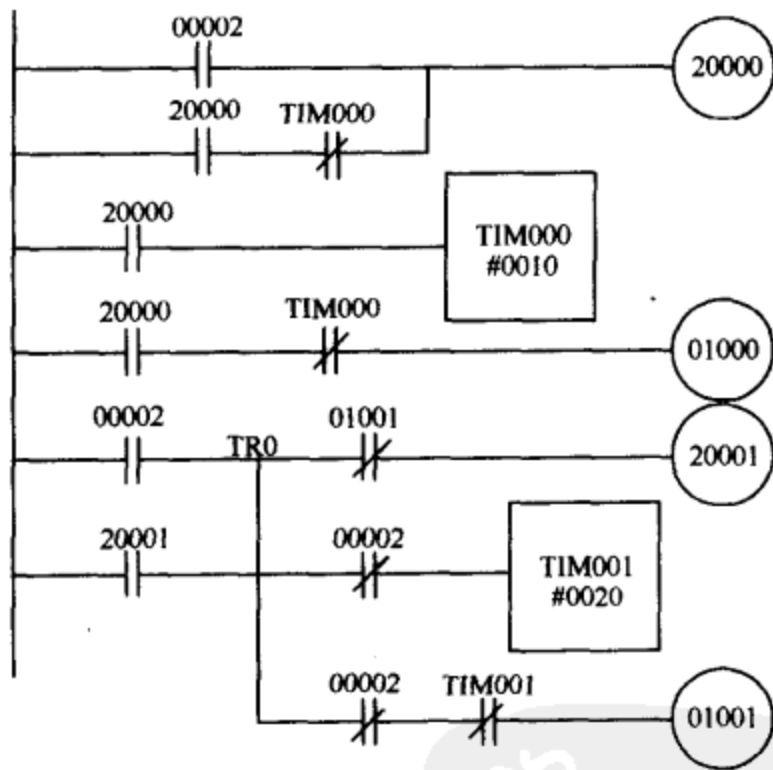


图 7-45 输出的宽度可调的单稳态电路

三、简单应用电路

1. 抢答器电路

抢答器电路又称为先输入优先电路。以四人抢答器为例，设 00000 为允许抢答开关，闭合时为允许，断开时为复位。00001、00002、00003、00004 分别为四个抢答按钮，01000、01001、01002、01003 为四个输出声光信号。抢答器梯形图如图 7-46 所示。

在 00000 闭合的情况下,无论哪个按钮先按下,都会保持该路输出状态,同时,切断其他三路输出的控制回路,直到 00000 断开时才能复位,允许下次抢答。

2. 传送带控制电路

用两条传送带传送钢板之类的长物体时,要求尽可能减少传送带运行时间。为此,在传送带端部设置了三个光电开关,分别由 00000、00001、00002 端于输入 PLC,传送带 A、B 的控制电机分别由 01000、01001 驱动,如图 7-47 所示。

被传送物体前沿到来时,00000 为 ON,使传送带 A 开始运行。当被传送物体的前沿使 00001 接通为 ON 时,两条传送带同时运行;当被传送物体的后沿离开 00001 时,传送带 A 停止;当物体的后沿离开 00002 时,传送带 B 也停止。根据以上要求,设计的梯形图如图 7-48 所示。

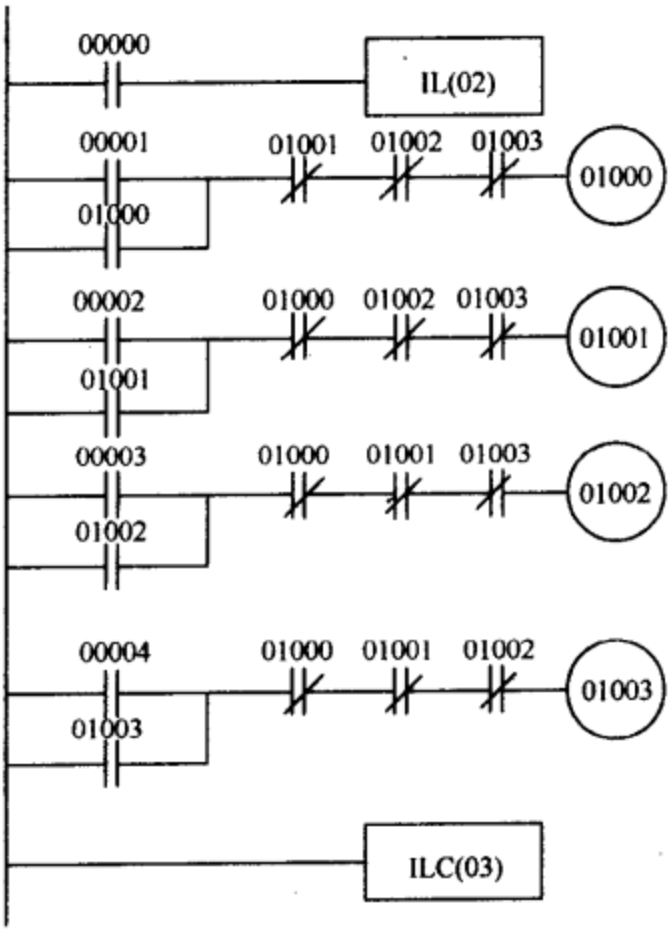


图 7-46 抢答器梯形图

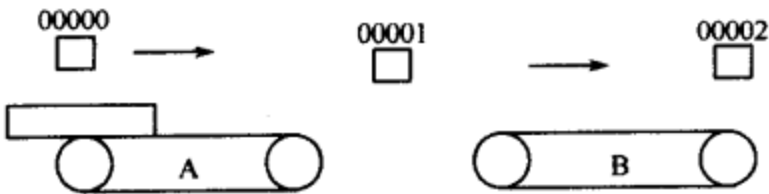


图 7-47 传送带示意图

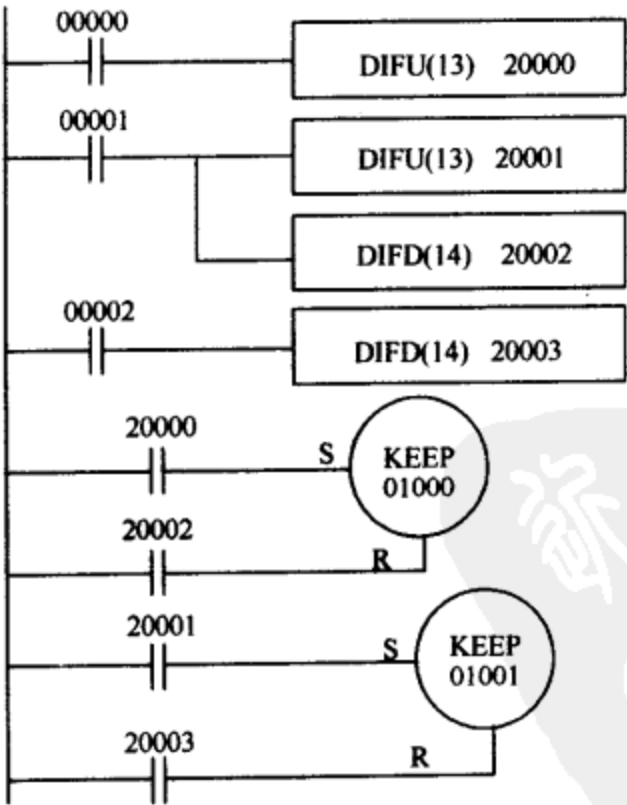


图 7-48 传送带控制梯形图

3. 小车循环运行电路

如图 7-49 所示,假设起动时,小车停在最左边,当 00000 有效时,按下起动按钮;则小车右行,01000 为 ON,通过 00001、00002 时无效,至 00003 时小车停;然后左行至 00001 再右行至 00002 最后左行至 00000,循环运行。

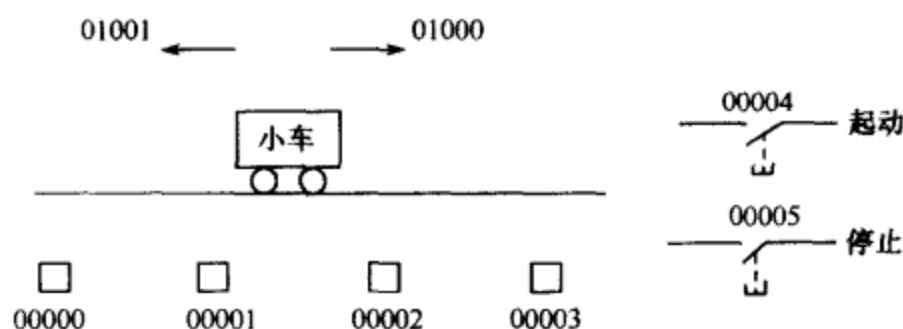


图 7-49 小车循环运行示意图

小车的运行实际上可分为四个一定顺序的动作:小车在最左边时(00000 为 ON)右行;小车运行到 00003 时,停止并向左运行;小车运行到 00001 时,停止并向右运行;小车运行到 00002 时,停止并向左运行回到原位。

可以把这四个动作用保持继电器 HR0001、HR0002、HR0003、HR0004 来代替。在原始状态,给 HR0000 一个置“1”信号,然后通过移位器使 HR0001、HR0002、HR0003、HR0004 依次置“1”,完成上述循环动作。梯形图如图 7-50 所示。在电路中,按下起动按钮(00004)后,小车运行;按下停止按钮(00005)后,小车回到初始位置后停车。

4. 装配生产线控制电路

装配生产线工艺要求如图 7-51 所示。该生产线有 8 个工位,完成对产品的装配,如零件安装、焊接、上油漆、贴商标等。为避免无零件时机器空操作,第一个位置上装有传感器,检测有否零件装入。该生产线每隔 5s 移动一个工位,在 1、3、4、7 号位置上分别完成不同的操作。由于受生产线结构的限制,2、5、6 号位置仅用于传送零件。

设 00002 为允许工作开关,00003 为零件装入检测信号,00004 为总复位信号,01000~01003 为操作 1~4,则装配生产线控制梯形图如图 7-52

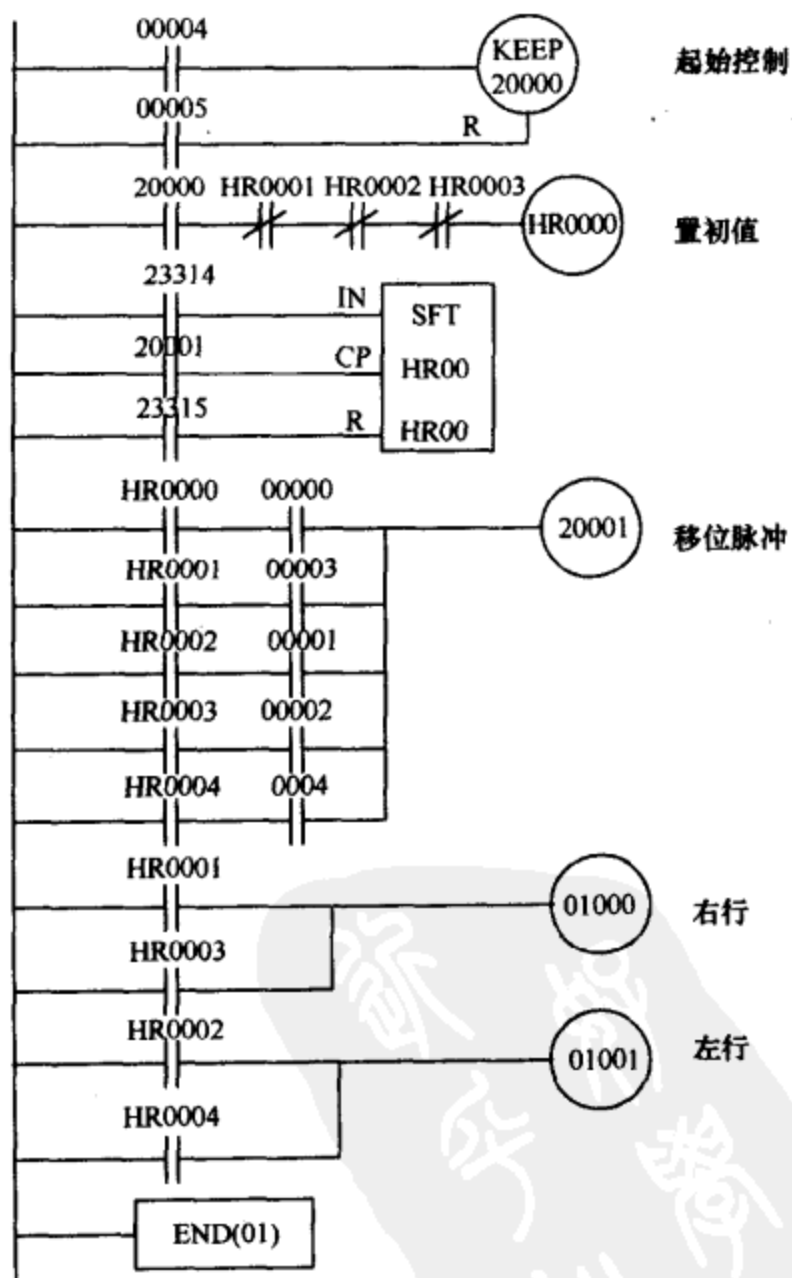


图 7-50 小车循环运行梯形图

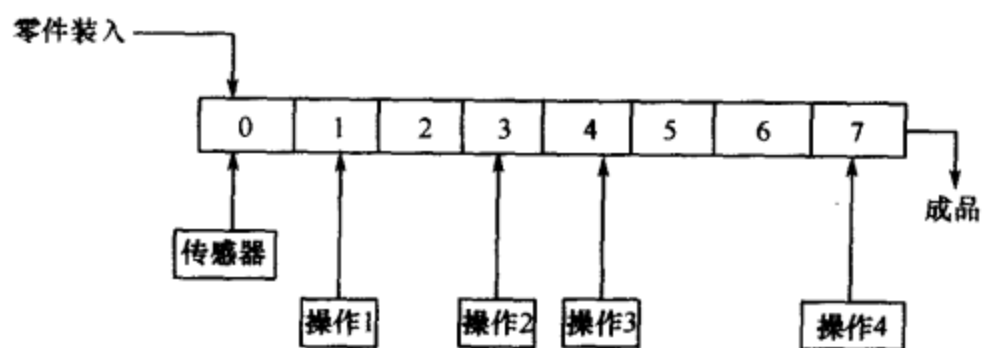


图 7-51 装配生产线示意图

所示。

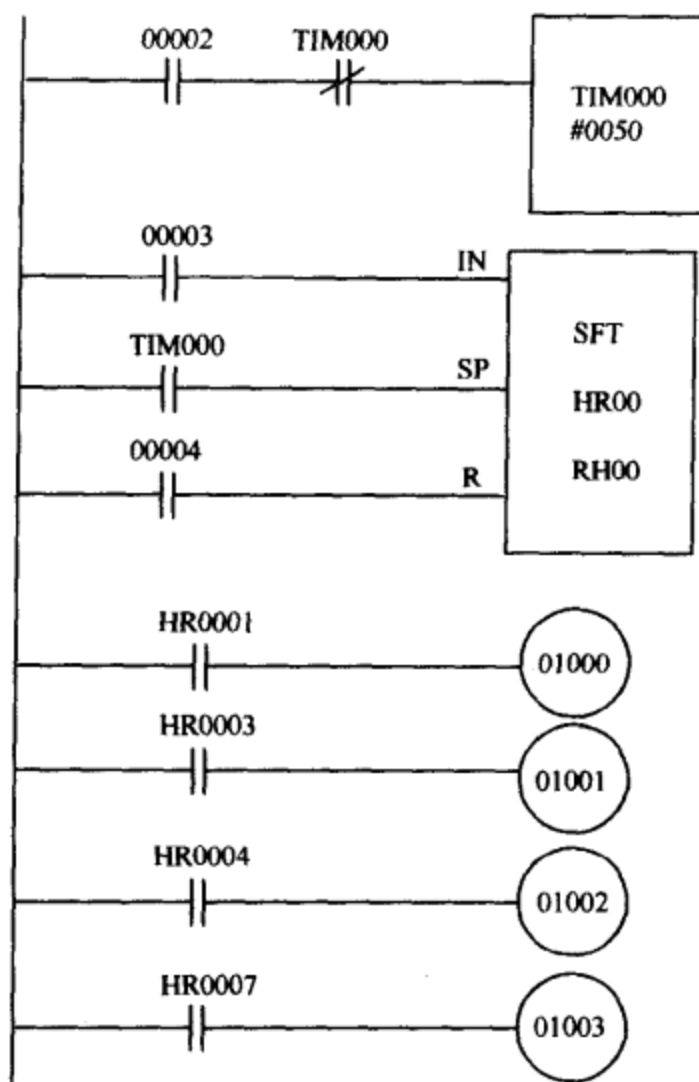


图 7-52 装配生产线梯形图

在梯形图中，HR0000~HR0007 分别代表 0~7 号工位，则当有零件装入时(00003 为 ON)，HR0000 首先为 ON，然后每隔 5s 使 HR0001~HR0007 依次为 ON，最后，只要将需要操作的位与输出继电器相接即可。

5. 双向彩灯控制电路

双向彩灯控制示意图如图 7-53 所示。假设启、停均用一个按钮 SB1(00000)控制，按下一次 SB1 后，彩灯按 1~8 顺序依次单通，再按一次 SB1 后，则彩灯灭，SB2(00001)为彩灯移动方向选择开关。

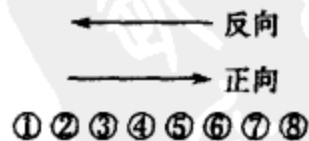


图 7-53 双向彩灯控制示意图

设彩灯 1~8 分别用输出继电器 01000~01007 控制，梯形图如图 7-54 所示。这里使用了单按钮启停电路及移位控制电路。可见，复杂电路可由基本电路组合而成。

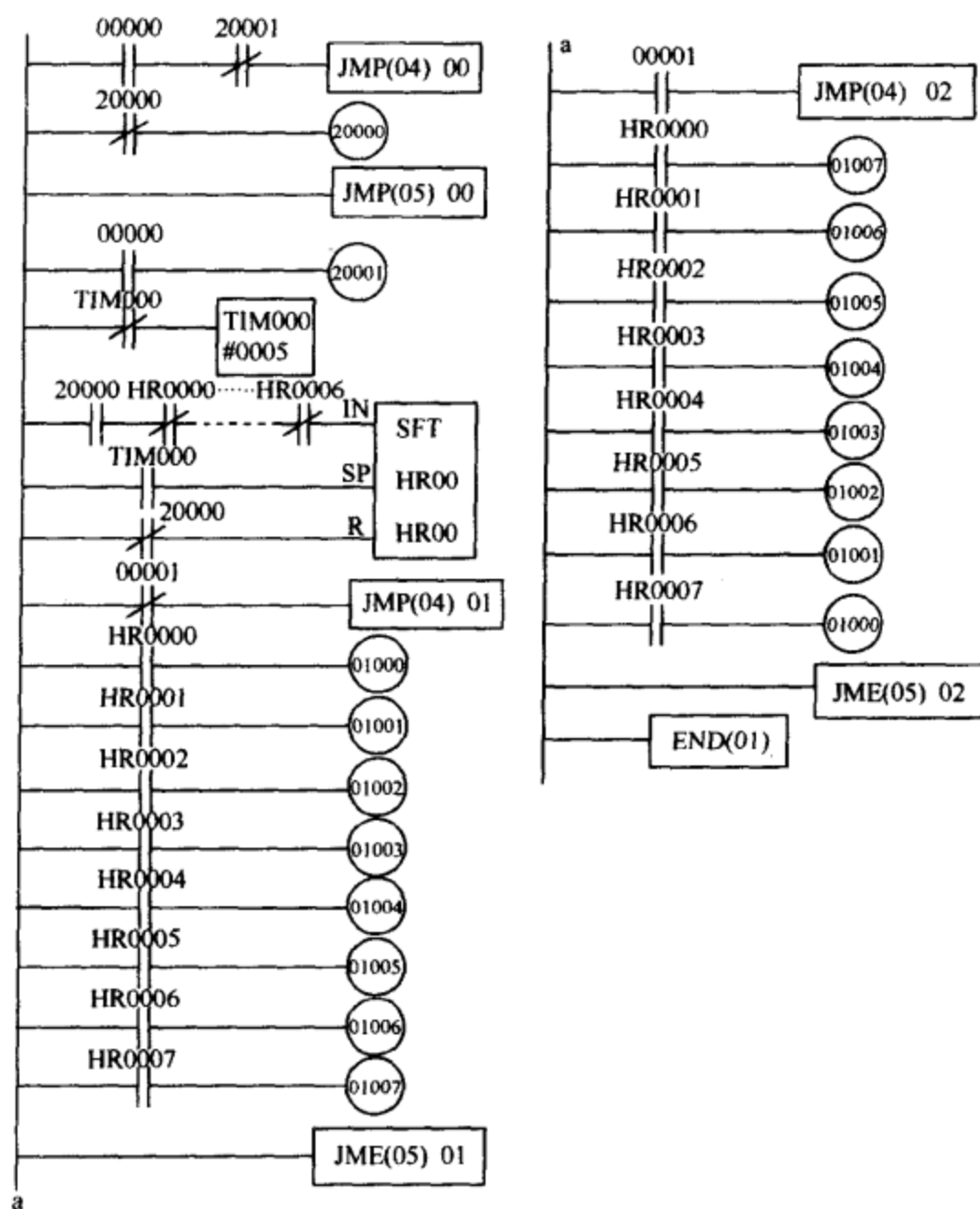


图 7-54 双向彩灯控制电路梯形图

6. 满员报警装置

图 7-55 为满员报警装置。在门的两侧分别安装一红外检测开关,当有人进入时,必然是先挡住门外的检测开关,后再挡住门里的检测开关;反之,当有人出来时,则先挡住门里的检测开关,再挡住门外的检测开关。因此,只要判断检测开关的动作顺序,就可以知道是有人进入,还是有人出来。

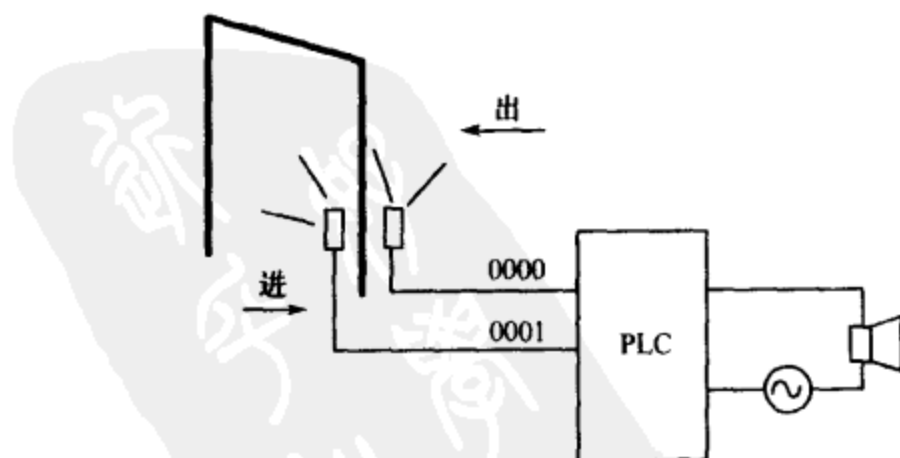


图 7-55 满员报警装置

根据以上设计思路,可以通过计数器进行加减计数,当人数超过规定值(整定值)时,计数器产生输出,接通报警器。控制电路梯形图如图 7-56 所示。

通过检测 00000 和 00001 的前沿和后沿来判断是有人进入还是有人出来。当 00000 的前沿和 00001 的后沿有效时,表明有人进入,CNTR 加 1;当 00001 的前沿和 00000 的后沿有效时,表明有人出来,则 CNTR 减 1。当总人数达 100 时,再有人进入,则计数器当前值变为 00000,同时产生输出,接通 01000,驱动报警器。

四、机械手控制电路

前面介绍了 PLC 的基本电路和简单应用实例,掌握了这些内容之后,就可以设计一些复杂的设备了。下面介绍的一个机械手的例子就是一个比较复杂的控制设备。

图 7-57 为一机械手结构示意图,其任务是将传送带 A 上的物品搬送至传送带 B。

SB1 为起动按钮,SB2 为停止按钮,LS1 为左限位开关,LS2 为右限位开关,LS3 为下降限位开关,LS4 为上升限位开关,PS 为光电检测开关。

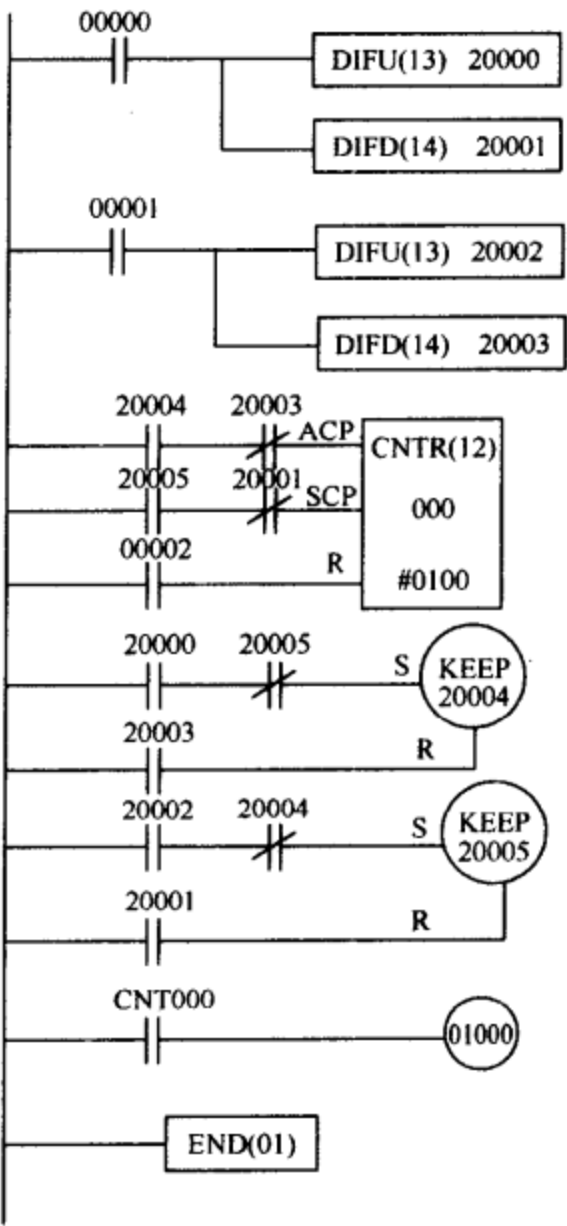


图 7-56 满员报警装置梯形图

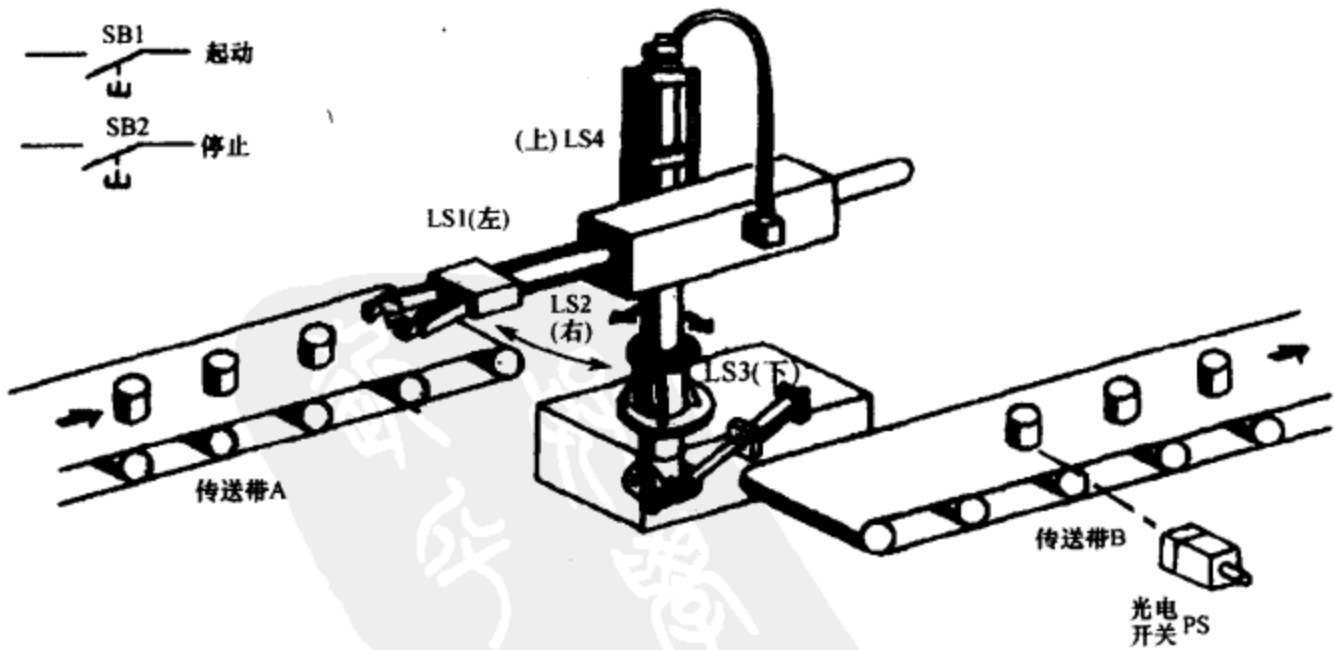


图 7-57 机械手工作示意图

1. 机械手的工作方式

(1)单周期方式 机械手在原位压左移限位开关 LS1 和上限位开关 LS4。按一次起动按钮 SB1,机械手开始下降,下降到传送带 A 压动下限位开关 LS3 后自停;接着机械手夹紧工件后开始上升,上升到原位,压动上限位开关 LS4 后自停,接着机械手开始右行直至压动右限位开关 LS2 后自停,接着机械手下降到传送带 B 压动下限位开关 LS3(两个传送带共用一个下限位开关)后自停;接着机械手放松工件后开始上升直至压动上限位开关 LS4 后自停(两个工位用一个上限位开关);接着机械手开始左行,直至压动左限位开关 LS1 后自停。至此一个周期的动作结束,再按一次起动按钮 SB1,则开始下一个周期的运行。

(2)连续方式 起动后机械手反复运行上述每个周期的动作过程,即周期性连续运行。

(3)单步方式 每按一次起动按钮 SB1,机械手完成一个工作步。例如,按一次起动按钮机械手开始下降,下到传送带 A 压动下限位开关 LS3 自停,欲使之运行下一个工作步,必须再按一次起动按钮 SB1 等。

以上三种工作方式属于自动控制方式。

自动方式(单周期、连续、单步)时,按一次起动按钮自动运行方式开始后,此后再按起动按钮属错误操作,程序对错误操作不予响应。另外,当机械手到达传送带 B 上方时,下一个工作步就是下降。为了确保在传送带 B 没有工件时才能开始下降,所以应在传送带 B 设置有无工件检测装置。本例使用的是光电检测开关 PS。

(4)手动方式 按下起动按钮 SB1 则机械手开始一个动作。松开按钮则停止该动作。

2. 控制要求

(1)上升和下降 机械手上升或下降的动作都要到位,否则不能进行下一个工作步。本例使用上、下限位开关进行控制。上升/下降的动作用一个双线圈的电磁阀控制。

(2)夹紧和放松 机械手夹紧和放松的动作必须在两个传送带处进行,且夹紧和放松的动作都要到位。为了确保夹紧和放松动作的可靠性,本例对夹紧和放松动作进行定时,并设置夹紧和放松指示。夹紧和放松动作由单线圈的电磁阀控制。

(3)左行和右行 自动方式时,机械手的左、右运动必须在压动上限位开关后才能进行;机械手的左/右运动都必须到位,以确保在传送带 A 取到工件并在传送带 B 放下工件。本例利用上限位开关、左限位开关和右限位开关进行控制。左/右行的动作由双线圈的电磁阀控制。

3. PLC 的 I/O 配线图

根据上述控制要求,操作盘上要设置一个 PLC 的电源开关(不占输入点);一个工作方式选择开关和一个动作方式选择开关,通过这两个开关选择工作方式和动作方式;起动按钮和停车按钮各一个,操作盘面板的布置如图 7-58 所示。

依据控制要求,需要 14 个输入点、8 个输出点,将输入元件和输出元件连接于可编程控制器的相应端子上,就构成可编程控制器的 I/O 配线图,在选用 CPM1A 时,其 I/O 配线图如图 7-59 所示。

与图中对应的 I/O 分配表见表 7-13。

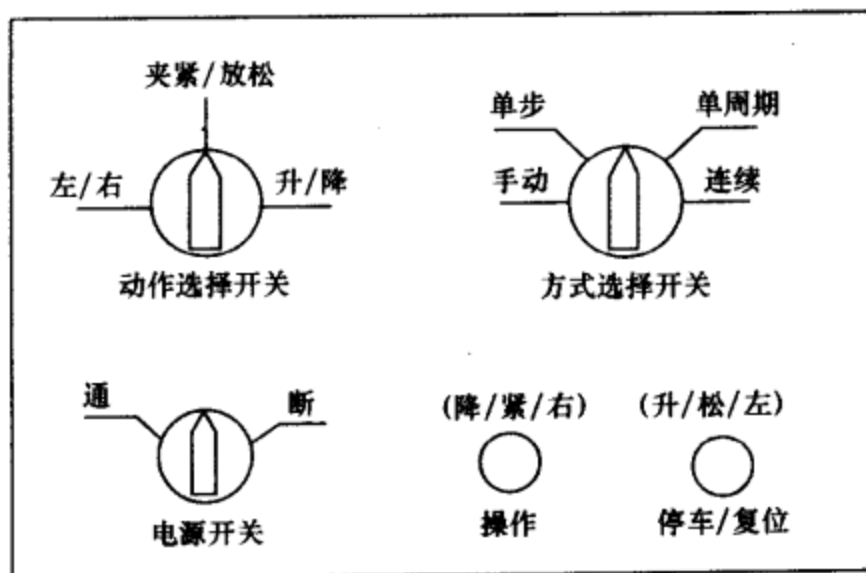


图 7-58 机械手操作盘示意图

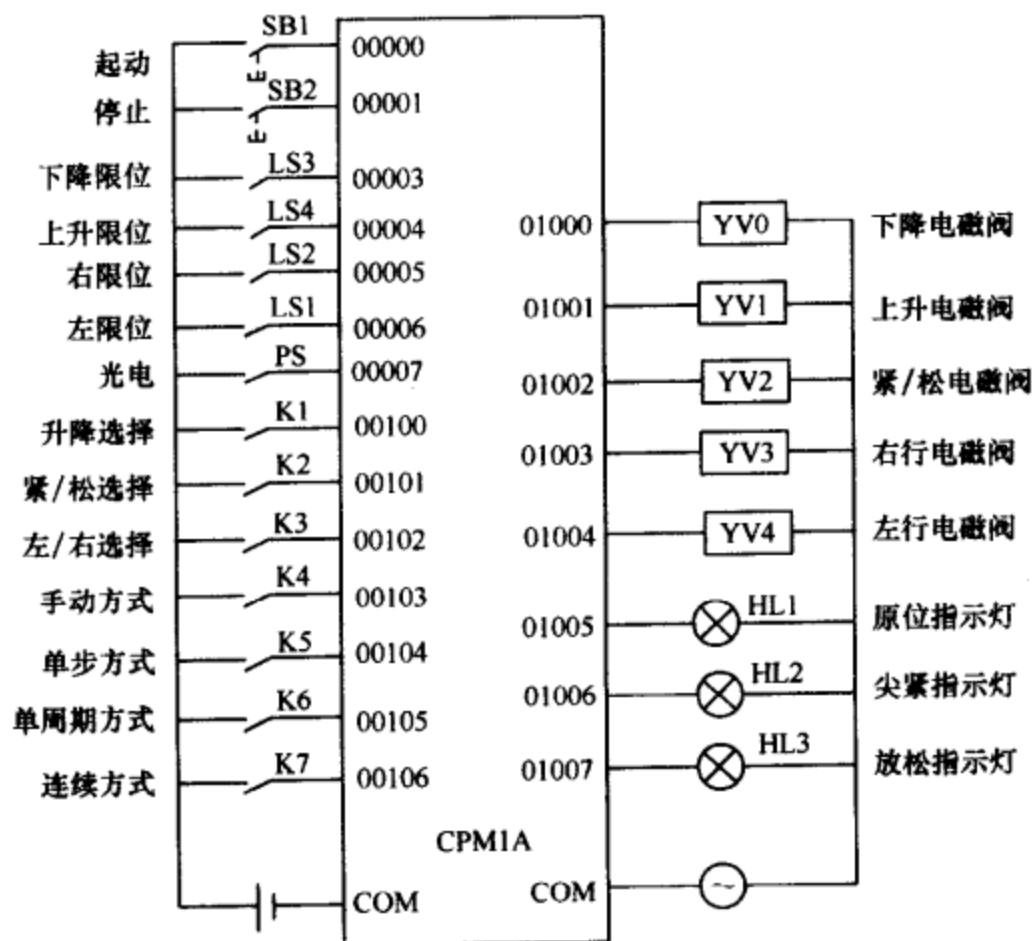


图 7-59 机械手输入/输出配线图

表 7-13 I/O 分配表

输 入		输 出	
起动按钮 SB1	00000	下降电磁阀线圈	01000
停止按钮 SB2	00001	上升电磁阀线圈	01001
下降限位开关 LS3	00003	紧/松电磁阀线圈	01002
上升限位开关 LS4	00004	右行电磁阀线圈	01003
右限位开关 LS2	00005	左行电磁阀线圈	01004
左限位开关 LS1	00006	原位指示灯	01005
光电开关 PS	00007	夹紧指示灯	01006

(续)

输 入		输 出	
升降选择	00100	放松指示灯	01007
紧/松选择	00101		
左/右选择	00102		
手动方式	00103		
单步方式	00104		
单周期方式	00105		
连续方式	00106		

4. 梯形图的设计

在进行程序设计之前,先画出机械手的动作流程图(图 7-60)。流程图中,能清楚地看到机械手每一步的动作内容及步间的转换关系。

根据流程图,设计出应用程序的总体方案如图 7-61 所示。

把整个程序分为两大块,即手动和自动两部分。当选择开关拨到手动方式时,输入点 00103 为 ON,其常开触点接通,开始执行手动程序;当选择开关拨在单步、单周期或连续方式时,输入点 00103 断开,其常闭触点闭合,开始执行自动程序。至于执行自动方式的哪一种,则取决于方式选择开关是拨在单步、单周期还是连续的位置上。

图 7-62 为根据要求设计的手动控制程序的梯形图。

下面对手动控制程序梯形图简要分析。

(1)上升/下降控制(工作方式选择开关拨在手动位) 手动控制机械手的升/降、左/右行、工件的夹紧/放松操作,是通过方式开关、操作和停车按钮的配合来完成的。

欲进行机械手动升/降操作时,要把动作选择开关拨在升/降位,使 00100 接通。

下降操作为:按下起动按钮时,输入点 00000 接通,则 01000(下降电磁阀线圈)接通,使机械手下降,松开按钮则机械手停。当按住起动按钮不放时,机械手下降到位压动下限位开关 00003 时自停。

上升操作为:按下停车按钮时,输入点 00001 接通,则 01001(上升电磁阀线圈)接通,使机械手上升,松开按钮时机械手停。当按住停车按钮不放时,机械手上升到位压动上限位开关 00004 后自停。

(2)夹紧、放松控制(工作方式选择开关拨在手动位) 只有机械手停在传送带 A 或传送带 B 且下限位开关 00003 受压(其常开触点接通)时,夹紧/放松的操作才能进行。要把动作选择开关拨在夹紧/放松位,使输入点 00101 接通。

若机械手停在传送带 A 工作位且此时有工件时,按住起动按钮:一是 01002 被置位,机械手开始夹紧工件;二是 01006 为 ON,夹紧动作指示灯亮,表示正在进行夹紧的动作;三是 TIM002 开始夹紧定时,当定时时间到且夹紧动作指示灯灭时,方可以松开按钮。此时 01002 仍保持接通状态,TIM002 被复位。

若机械手停在传送带 B 工作位且夹有工件时,按住停车按钮:一是 01002 被复位,机械手开始放松工件;二是 01007 为 ON 使放松动作指示灯亮,表示正在进行放松的动作;三是 TIM003 开始放松定时。当定时时间到且放松动作指示灯灭时,方可以松开按钮,此

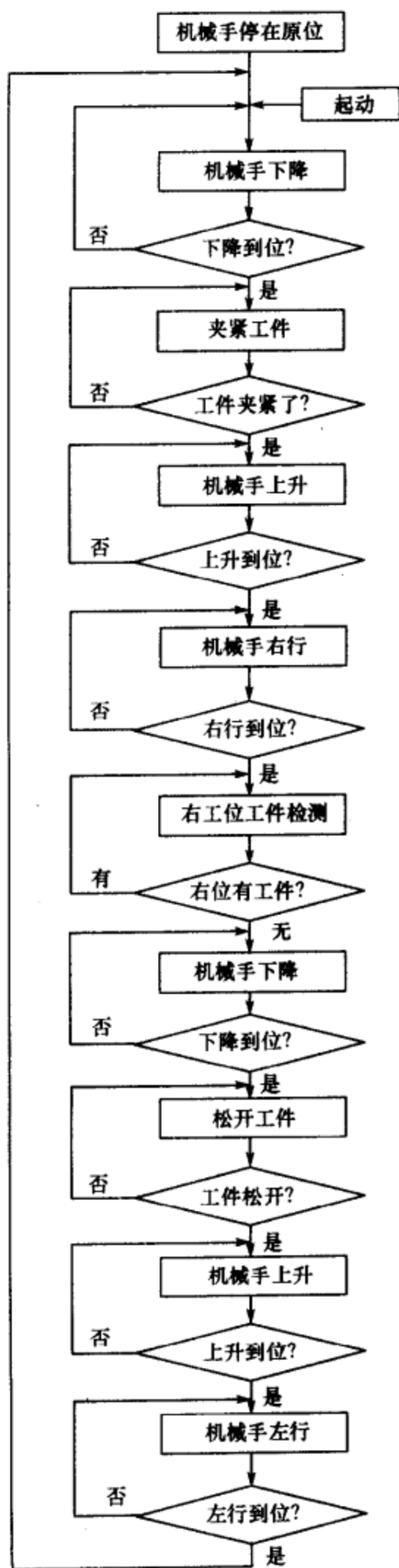


图 7-60 机械手自动运行流程图

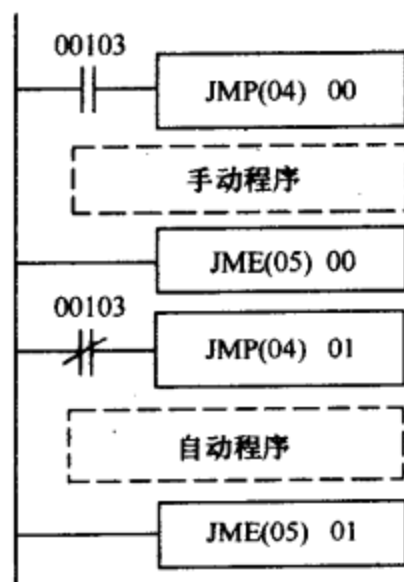


图 7-61 程序总体方案

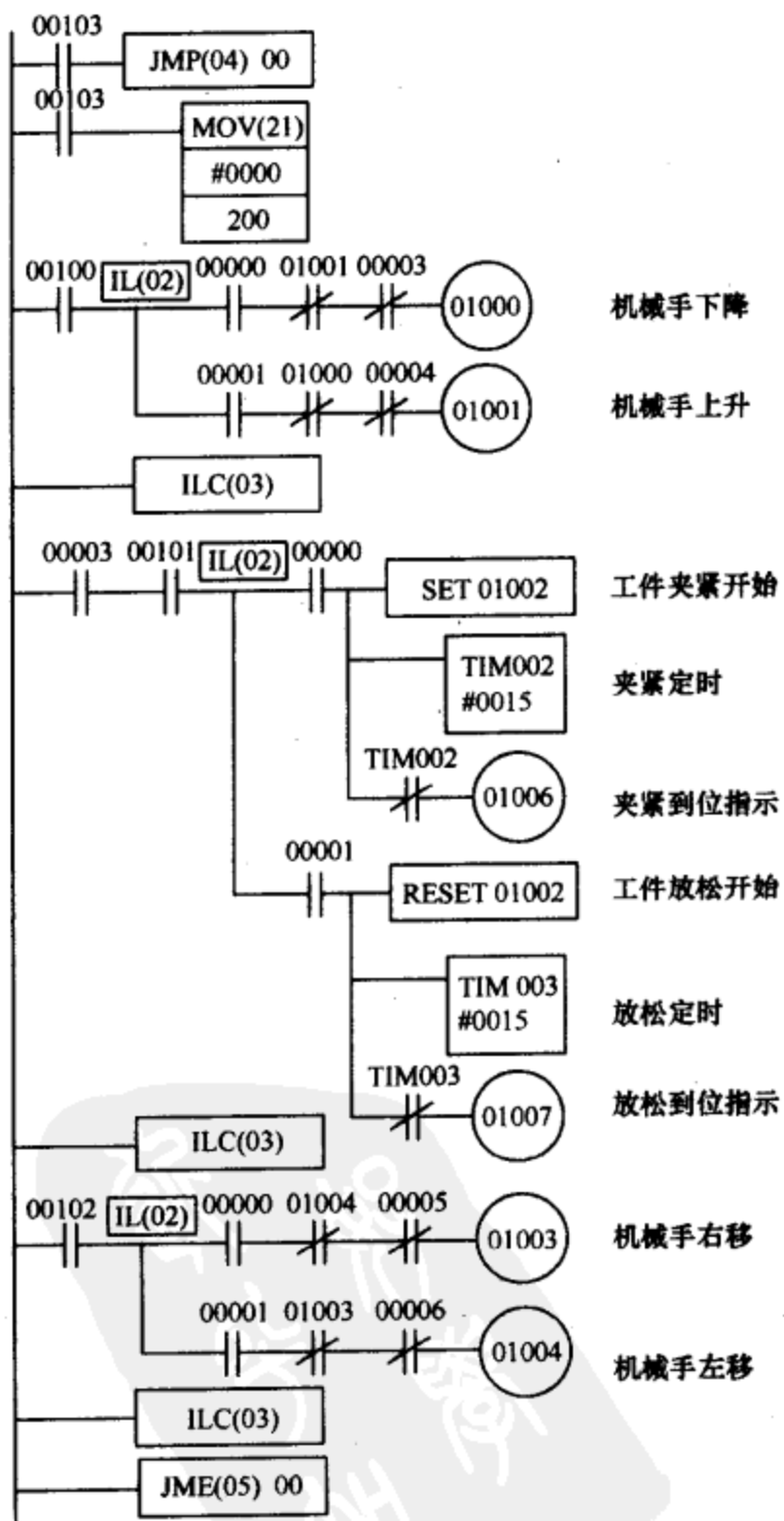


图 7-62 手动控制程序梯形图

时 01002 仍保持断开状态, TIM003 复位。

(3)左行、右行控制(工作方式选择开关拨在手动位) 把动作选择开关拨在左/右位,使输入点 00102 接通。

右行的操作为:按住起动按钮 00000, 01003(右行电磁阀线圈)得电使机械手右行,松开按钮则机械手停。当按住起动按钮不放时,机械手右行,右行到位压动右限位开关 00005 时自停。

左行的操作为:按住停车按钮 00001, 01004(左行电磁阀线圈)得电使机械手左行,松开按钮则机械手停。当按住停车按钮不放时,机械手左行,左行到位压动左限位开关 00006 时自停。

图 7-63 为根据要求设计的自动控制程序的梯形图。

下面对自动控制程序梯形图简要分析。

(1)连续运行方式的控制(工作方式选择开关扳在连续位) 连续运行方式的起动必须从原位开始。如果机械手没停在原位,要用手动操作让机械手返回原位。当机械手返回原位时,原位指示灯亮。

方式选择开关拨在连续位,输入点 00106 接通,其一使 21000 置位,其二使 SFT 的移位脉冲输入端接通。

移位寄存器通道 200,是由 25315 或停止按钮 00001 进行复位的。

由于机械手在原位,上限位开关和左限位开关受压,动合(常开)触点 00004 和 00006 都闭合。所以按一下起动按钮,则向移位寄存器发出第一个移位脉冲。第一次移位使 20000 为“1”,从而使 01000 为 ON,自此机械手开始下降,且 00004 和 00006 均变为 OFF。

当机械手下降到传送带 B 工位并压动下限位开关时,00003 的常开触点闭合,于是移位寄存器移位一次。由于机械手离开了原位,且串联在移位输入端的常开触点 00000、00004 和 00006 都是断开的,所以这次移位使 20000 变为“0”,而 20001 为“1”。

20001 为“1”的作用是:其一使 HR0000 置位,01002 为 ON,工件夹紧动作开始;其二是使夹紧动作指示灯亮;其三使夹紧定时器 TIM000 开始定时。当定时时间到(即夹紧到位)时,夹紧指示灯灭,而移位寄存器又移位一次,使 20001 变为“0”,而 20002 变为“1”。

20002 为“1”使 01001 为 ON,自此机械手开始上升。当机械手上升到原位时压上限位开关 00004,使 01001 断电,上升动作停止,同时移位寄存器又移位一次,使 20002 变为“0”,而 20003 变为“1”。

20003 为“1”使 01003 为 ON,自此机械手开始右移。当机械手右移到位压右限位开关 00005 时,使 01003 断电,右移停止,同时移位寄存器又移位一次,使 20003 变为“0”,而 20004 变为“1”。

20004 为“1”时,若检测到传送带 B 没有工件,且光电开关的常闭触点 00007 接通时,使 01000 再次为 ON,自此机械手开始下降。当机械手下降到传送带 B 压动下限位开关 00003 时,01000 断电,下降动作停止,同时移位寄存器又移位一次,使 20004 变为“0”,而 20005 变为“1”。若检测到传送带 B 有工件,使常闭触点 00007 断开时,则机械手停在右上方不动。只有拿掉传送带 B 的工件,机械手才开始下降。

20005 为“1”的作用是:其一,使 HR0000 和 01002 复位,工件放松动作开始;其二,使放松动作指示灯亮;其三,放松定时器 TIM001 开始定时。当定时时间到(即放松到位)

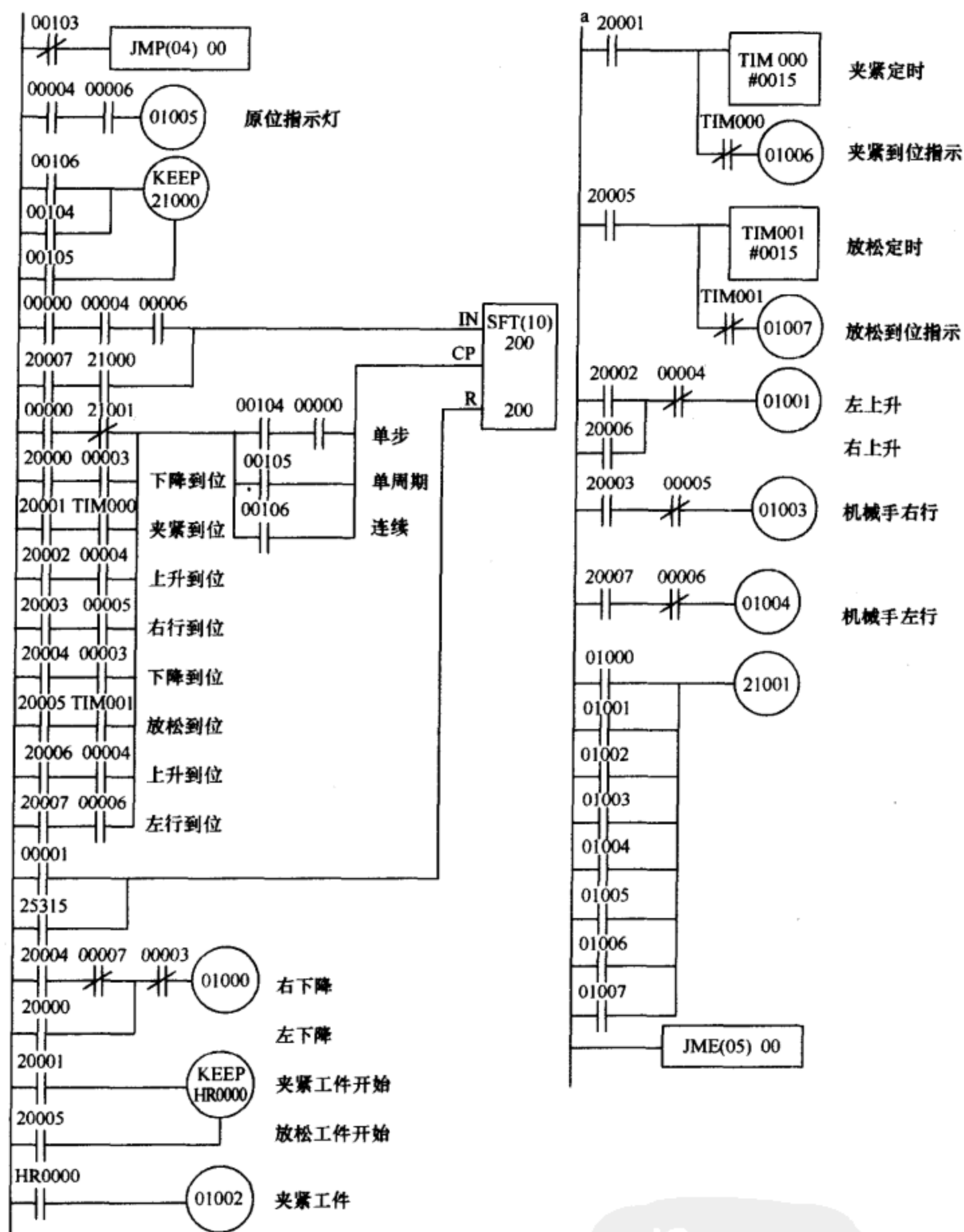


图 7-63 自动控制程序梯形图

时,放松指示灯灭,而移位寄存器又移位一次,使 20005 变为“0”,20006 变为“1”。

20006 为“1”使 01001 再次为 ON,自此机械手开始上升。当机械手上升至压动上限位开关 00004 时,01001 断电,上升动作停止,同时移位寄存器又移位一次,使 20006 变为“0”,而 20007 变为“1”。

20007 为“1”使 01004 为 ON,自此机械手开始左移。当机械手左移到位时,压左限位开关 00006,01004 断电,左移停止,移位寄存器又移位一次。由于 20007 和 21000 一直为

ON,所以 SFT 的数据输入端为“1”。这样,本次移位使 20000 又变为“1”,随之开始了下一个周期的运行。

(2)单周期运行方式的控制(方式选择开关拨在单周期位) 由于方式选择开关拨在单周期位时使 00105 接通,其常开触点闭合使 21000 被复位。所以当机械手运行到一个循环的最后一步结束,且 20007 和左限位 00006 为 ON 时,因 21000 已断开而使 SFT 的数据输入为“0”,不能使 20000 再置位,因此只能在一个周期结束时停止运行。要想进行下一个周期的运行,必须再按一次起动按钮。

(3)单步运行方式的控制(方式选择开关拨在单步位) 单步方式时,SFT 的移位输入端是常开触点 00104 与 00000 的串联,所以按一次起动按钮发一个移位脉冲,机械手只完成一步的动作就停止。例如,当 20000 接通机械手下降到位时,00003 被接通,但此时若不再按一下起动按钮,则移位信号不能送到 SFT 的移位输入端,因此机械手只能在一步结束时停止运行。

由于方式选择开关拨在单步位,00104 接通,其常开触点闭合,使 21000 被置位。当机械手运行到一个循环的最后一步结束(即 20007 和 00006 为 ON)时,由于移位输入端的 20007 和 21000 接通,所以若再按一次起动按钮能使 20000 再置位,即进入下一个周期的第一步。

(4)自动方式下误操作的禁止 在自动运行过程中,由于 01000~01007(除 01005)及 00007 中总有一个为 ON,使 21001 总为 ON。由于常开触点 00000 和常闭触点 21001 串联在移位寄存器的移位脉冲输入端,这样,在自动方式第一次按起动按钮自动运行开始后,如果随后又误按了一下起动按钮 00000,程序不会响应。这是因为第一次按起动按钮后,01000 即 ON,且使 21001 为 ON,其常闭触点 21001 即断开,此后再按起动按钮,移位脉冲也不会送达 SFT 的 CP 端。同样其他各步也能保证 21001 为 ON,所以起动后误按起动按钮不会造成误动作。

在使用移位寄存器时,如果移位脉冲是通过起动按钮输入的,都要考虑误操作的问题。因为误按起动按钮是难免的,这个问题没处理好,容易发生失控现象。

(5)手动和自动方式转换时的复位问题 由于手动和自动的切换是由 JMP/JME 指令实现的,当 JMP 的执行条件由 ON 变为 OFF 时,JMP 与 JME 之间的各输出状态保持不变。所以在手动方式与自动方式切换时,一般要进行复位操作,以避免出现错误动作。

由于自动运行方式必须是机械手停在原位时才能起动,所以经过手动复位后,使 01000~01007(除 01005)都被复位。在自动运行过程中欲停机,应按一次停车按钮 00001 对 200 通道进行复位,也间接地对 010 通道复了位。

在自动运行过程中,若未按停车按钮直接将方式开关(00103)拨到手动位时,200 通道中的状态将保持。当手动操作完毕再转到自动状态时,200 通道的原状态就会导致误动作。为了防止这种现象发生,在手动控制程序中采取了复位措施。由于 200 通道被复位,因此切换时不会出现误动作。

第八章 可编程控制器的安装与维护

可编程控制器(PLC)是专门为工业环境而设计的计算机系统,基本上不需要采取什么特殊措施便可直接用于工业生产环境。但是,新的 PLC 系统正式运行前,应对系统做一段时间的试运行,在 PLC 运行期间,要定期维护、保养,及时诊断、排除故障,使 PLC 系统能够长期稳定地工作。

第一节 可编程控制器的安装

一、安装环境

为保证 PLC 工作的可靠性,尽可能地延长其使用寿命,在安装时一定要注意周围的环境,其安装场合应该满足以下几点。

- (1)环境温度在 $0\sim 55^{\circ}\text{C}$ 范围内。
- (2)环境相对湿度应在 $35\%\sim 85\%$ 范围内。
- (3)周围无易燃或腐蚀性气体。
- (4)周围无过量的灰尘和金属微粒。
- (5)避免过度的振动和冲击。
- (6)不能受太阳光的直接照射或水的溅射。

除满足以上环境条件外,安装时还应注意以下几点。

- (1)PLC 的所有单元必须在断电时安装和拆卸。
- (2)为防止静电对 PLC 组件的影响,在接触 PLC 前,先用手接触某一接地的金属物体,以释放人体所带静电。
- (3)注意 PLC 机体周围的通风和散热条件,切勿将导线头、铁屑等杂物通过通风窗落入机体内。

二、PLC 的安装

小型可编程控制器外壳的四个角上,均有安装孔。有两种安装方法:一是用螺钉固定,不同的单元有不同的安装尺寸;另一种是 DIN 轨道固定。DIN 轨道配套使用的安装夹板,左右各一对。在轨道上,先装好左右夹板,装上 PLC,然后拧紧螺钉。为了使控制系统工作可靠,通常把可编程控制器安装在有保护外壳的控制柜中,以防止灰尘、油污、水溅。为了保证可编程控制器在工作状态下其温度保持在规定环境温度范围内,安装机器应有足够的通风空间,基本单元和扩展单元之间要有 30mm 以上间隔。如果周围环境超过 55°C ,要安装电风扇,强迫通风。

为了避免其他外围设备的电干扰,可编程控制器应尽可能远离高压电源线和高压设备,可编程控制器与高压设备和电源线之间应留出至少 200mm 的距离。

当可编程控制器垂直安装时,要严防导线头、铁屑等从通风窗掉入可编程控制器内部,造成印制电路板短路,使其不能正常工作甚至永久损坏。

三、PLC 的配线

1. 电源

PLC 的工作电源分为 24V(DC)、100V~240V(AC)。对于交流供电方式,通常采用双绞线配线,且截面积至少在 2mm^2 以上。在配线时,应尽可能对输入、输出、CPU 和 I/O 扩展部件分别供电。

对于电源线来的干扰,PLC 本身具有足够的抵制能力。如果电源干扰特别严重,可以安装一个变比为 1:1 的隔离变压器,以减少设备与地之间的干扰。同时所有电源都要串接断路器。

重点提示 一般的 PLC 具有直流 24V 接线端。使用无源触点的输入器件时,PLC 内部 24V 电源通过输入器件向输入端提供每点 7mA 的电流。PLC 上的 24V 接线端子,还可以向外部传感器(如接近开关或光电开关)提供电流。24V 端子作传感器电源时,COM 端子是直流 24V 地端。如果采用扩展单元,则应将基本单元和扩展单元的 24V 端连接起来。另外,任何外部电源不能接到这个端子。

每种型号的 PLC 的输入点数量是有规定的。对每一个尚未使用的输入点,它不耗电,因此在这种情况下,24V 电源端子向外供电流的能力可以增加。

2. 接地

良好的接地是保证可编程控制器可靠工作的重要条件,可以避免偶然发生的电压冲击的危害。连到接地端子、穿越不同部件区的接地导线至少要 2mm^2 粗,以尽可能消除电流冲击,且接地电阻一定要小于 100Ω 。

必须注意,接地线的长度不要超过 20m,因为接地电阻受地理特性、水分、以及地线埋入地下的时间长久的影响。

PLC 一般应采用独立的接地体,如果实在做不到,也可与弱电设备共用一个接地体。但要注意,不要把接地端子接到一个建筑物的大型金属框架上,这样可能会对 PLC 产生不利影响。

3. 输入接线

PLC 一般接受行程开关、限位开关等输入的开关量信号。输入接线端子是 PLC 与外部传感器负载转换信号的端口。输入接线,一般指外部传感器与输入端口的接线。输入器件可以是任何无源的触点或集电极开路的 NPN 管。输入器件接通时,输入端接通,输入线路闭合,同时输入指示的发光二极管亮。

PLC 的外部输入接线与内部输入电路如图 8-1 所示。

1) 直流输入单元

图 8-1(a)为直流输入图,外接的直流电源的极性任意。虚线框内是 PLC 内部的输入电路,框外左侧为外部用户连接线。图中只画出对应于一个输入点的输入电路,而各个输入点对应的输入电路均相同。

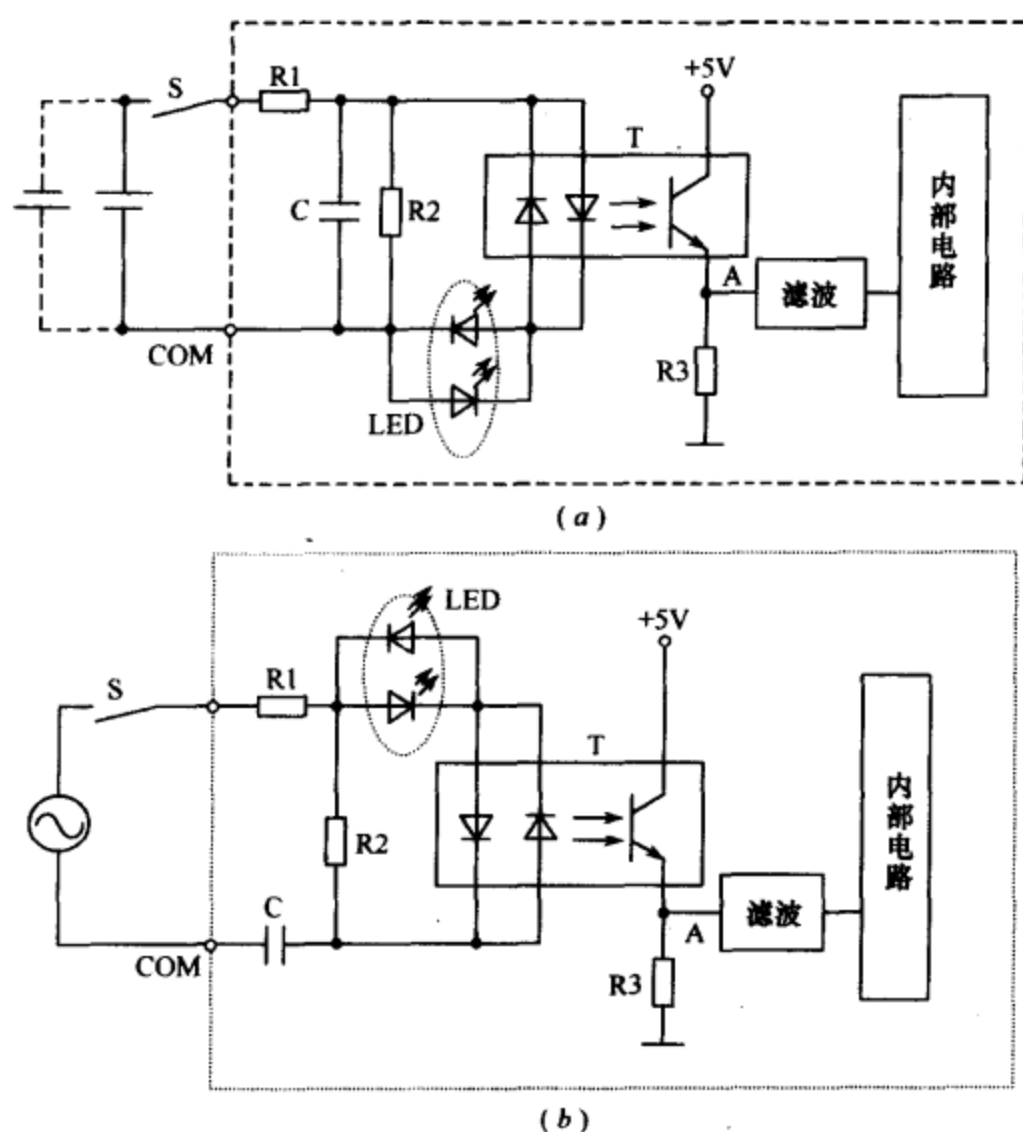


图 8-1 PLC 的外部输入接线与内部输入电路

T 为一个光电耦合器,发光二极管和光电三极管封装在一个管壳中。当二极管中有电流时发光,可使光电三极管导通。R1 为限流电阻;R2 和 C 构成滤波电路,可滤除输入信号中的高频干扰;LED 显示该输入点的状态。

重点提示 在 PLC 内部,一般装有一个 24V(DC)电源,在使用之前,应检查所有输入设备的兼容性,并充分考虑漏电流和负载感应电势的影响。例如,当双线传感器,如光电传感器、接近开关或带氖灯的极限开关作为输入设备连到 PLC 上时,由于漏电流的作用,可能使输入点误导通,为防止这种情况,应并联上一个图 8-2 所示的旁路电阻,以抑制漏电流的影响。

当一个感性负载连到 PLC 的输入端时,需要加电涌吸收装置(交流)或二极管(直流)以抑制反电势,如图 8-3 所示。

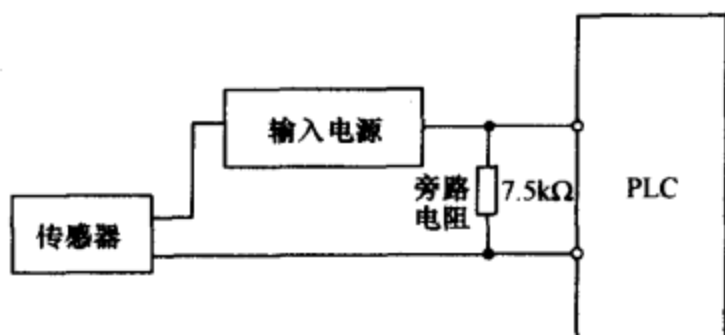


图 8-2 接旁路电阻

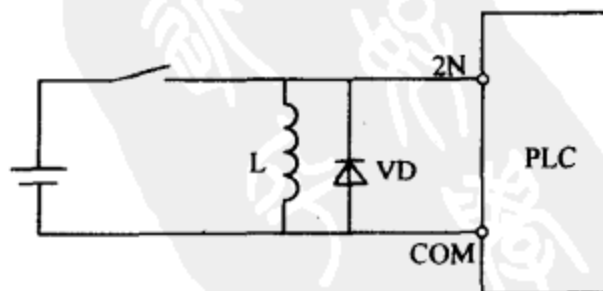


图 8-3 加二极管

2) 交流输入单元

图 8-1(b) 为交流输入图, 虚线框内是 PLC 内部的输入电路, 框外左侧为外部用户连接线。图中只画出对应于一个输入点的输入电路, 各个输入点对应的输入电路均相同。

图中电容 C 为隔直电容, 对交流相当于短路。电阻 R1 和 R2 构成分压电路。这里光电耦合器中是两个反向并联的发光二极管, 任意一个二极管发光均可以使光电三极管导通。用于显示的两个发光二极管 LED 也是反向并联的, 该电路可以接收外部的交流输入电压。

PLC 的输入电路分为共点式、分组式、隔离式三种。输入单元只有一个公共端子 (COM) 的称为共点式, 外部输入的元器件均有一个端子与 COM 相接; 分组式是指将输入端子分为若干组, 每组分别共用一个公共端子; 隔离式输入单元是指具有公共端子的各组输入点之间互相隔离, 可各自使用独立的电源。

重点提示 若在输入触点电路串联二极管, 在串联二极管上的电压应小于 4V。若使用带发光二极管的舌簧开关, 串联二极管的数目不能超过两只。另外, 输入接线还应特别注意以下几点。

① 输入接线一般不要超过 30m。但如果环境干扰较小, 电压降不大时, 输入接线可适当长些。

② 输入、输出线不能用同一根电缆, 输入、输出线要分开。

③ 可编程控制器所能接受的脉冲信号的宽度, 应大于扫描周期的时间。

4. 输出接线

按输出电路所用的开关器件不同, PLC 的开关量输出单元可分为晶体管输出单元、双向晶闸管输出单元和继电器输出单元, 它们所能驱动的负载类型、负载的大小和响应时间是不一样的。PLC 内部输出电路及外部接线如图 8-4 所示。

1) 晶体管输出单元

晶体管输出单元的电路如图 8-4(a) 所示。虚线框内是 PLC 内部的输出电路, 框外右侧为外部用户连接线。图中只画出对应于一个输出点的输出电路, 其余各个输出点对应的输出电路均相同。

图中 T 是光电耦合器; LED 用于指示输出点的状态; VT 为输出晶体管; VD 为保护二极管, 可防止负载电压极性接反或高电压、交流电压损坏晶体管 VT; FU 为熔断器, 可防止负载短路时损坏 PLC。

当对应于晶体管 VT 的内部继电器的状态为 1 时, 通过内部电路使光电耦合器 T 导通, 从而使晶体管 VT 饱和导通, 则负载得电, 同时点亮 LED, 以表示该路输出点有输出。当对应于晶体管 VT 的内部继电器的状态为 0 时, 光电耦合器 T 不导通, 晶体管 VT 截止, 负载失电, 此时 LED 不亮, 表示该输出点状态为 0。如果负载是感性的, 则必须给负载并接续流二极管, 如图 8-4(a) 中虚线所示, 使负载关断时, 可通过续流二极管释放能量, 保护输出晶体管 VT 免受高电压的冲击。

晶体管为无触点开关, 所以晶体管输出单元使用寿命长、响应速度快、可关断次数多。晶体管输出单元只能带直流负载, 属于直流输出模块。

2) 双向晶闸管输出单元

在双向晶闸管输出电路中, 输出电路采用的开关器件是光控双向晶闸管, 其电路如图

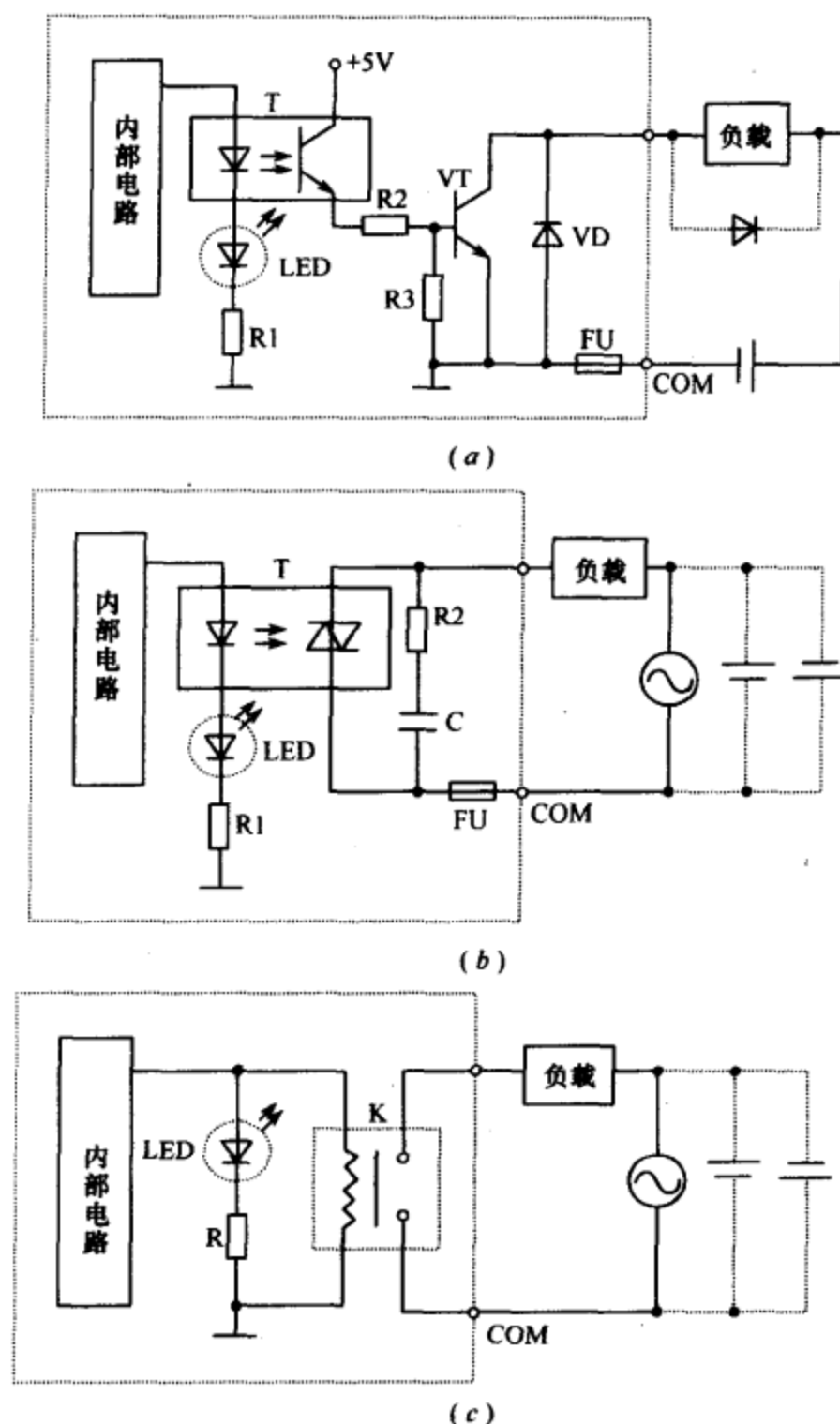


图 8-4 PLC 上的内部输出电路及外部接线

8-4(b)所示。图中,线框内是 PLC 内部的输出电路,线框外右侧为外部用户连接线。图中只画出对应于一个输出点的输出电路,其余各个输出点对应的输出电路均相同。

图中 T 为光控双向晶闸管(两个晶闸管反向并联);LED 指示输出点的状态;R2、C 构成阻容吸收保护电路;FU 为熔断器。

当对应于 T 的内部继电器的状态为 1 时,发光二极管导通发光,无论外接电源极性如何,都能使双向晶闸管 T 导通,使负载得电,同时输出指示灯 LED 点亮,表示该输出点接通;当对应 T 的内部继电器的状态为 0 时,T 不导通,此时 LED 不亮。

双向晶闸管为无触点开关,输出的负载电源可以根据负载的需要选用直流或交流电源。

双向晶闸管多用于交流负载,负载驱动能力比继电器型的大,可直接驱动小功率接触

器。其响应时间介于晶体管型与继电器型之间。

3) 继电器输出单元

继电器输出单元的电路如图 8-4(c) 所示。虚线框内是 PLC 内部的输出电路, 框外右侧为外部用户连接线。图中只画出对应于一个输出点的输出电路, 各个输出点对应的输出电路均相同。

图中, LED 表示输出点的状态, K 为一小型直流继电器。

当对应于 K 的内部继电器的状态为 1 时, K 得电吸合, 其常开触点闭合, 负载得电, LED 点亮, 表示该输出点接通; 当对应于 K 的内部继电器的状态为 0 时, K 失电, 其常开触点断开, 负载失电, LED 熄灭, 表示该输出点断开。

继电器输出型 PLC 的负载电源可以根据需要选用直流或交流电源, 是有触点开关。继电器触点的电气寿命一般为 10 万次~30 万次, 低于晶体管和晶闸管型的开断次数, 因此在需要输出点频繁通断的场合(如高频脉冲输出), 应选用晶体管或晶闸管输出型的输出单元。另外, 继电器从线圈得电到触点动作之间存在延迟时间, 响应时间较长, 是造成输出滞后于输入的原因之一。

PLC 的输出电路也有共点式、分组式、隔离式之分。输出单元只有一个公共端子 (COM) 的称为共点式; 输出端子分为若干组、每组共用一个公共端子的称为分组式; 具有公共端子的各组输出点之间互相隔离, 可各自使用独立电源的称为隔离式。

重点提示 晶体管或双向晶闸管输出型 PLC 接上负载后, 当漏电流有可能造成设备的误动作时, 应在负载两端并联一个旁路电阻, 如图 8-5 所示。

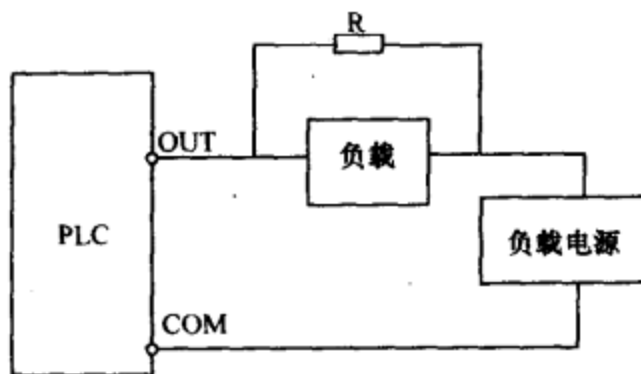


图 8-5 并联旁路电阻

当感性负载连到 PLC 输出端时, 需要加电涌抑制器或二极管吸收负载产生的反电势, 如图 8-6 所示。其中, 二极管必须为 3 倍的负载电压, 并允许流过 1A 的平均电流; 当 $U=200V$ 时, 阻容吸收装置中 $R=50\Omega$, $C=0.47\mu F$ 。

将晶体管或双向晶闸管输出型 PLC 的输出连到一个允许较高的冲击电流通过的设备(如白炽灯)时, 要确保晶体管或双向晶闸管的安全, 使起动电流不要超过 10 倍的额定电流。如果实际的冲击电流高于这个值, 可采用图 8-7 所示的方法使之降低。图 8-7(a) 中允许大约额定电流的三分之一流过负载, 这样就有效地限制了初始的电涌电流; 图 8-7(b) 可直接限制冲击电流, 但同时降低了负载两端的电压。

还需要注意的是: 对于易造成伤害事故的负载, 除了在 PLC 的控制程序中加以考虑之外, 还应在 PLC 之外设计急停电路, 设置事故开关、紧急停机装置等, 使得一旦 PLC 发生故障时, 能及时切断引起伤害事故的负载电源。

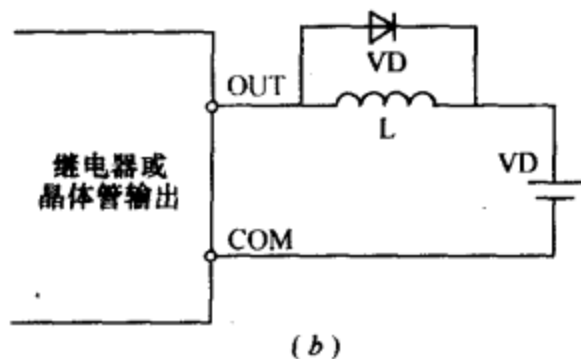
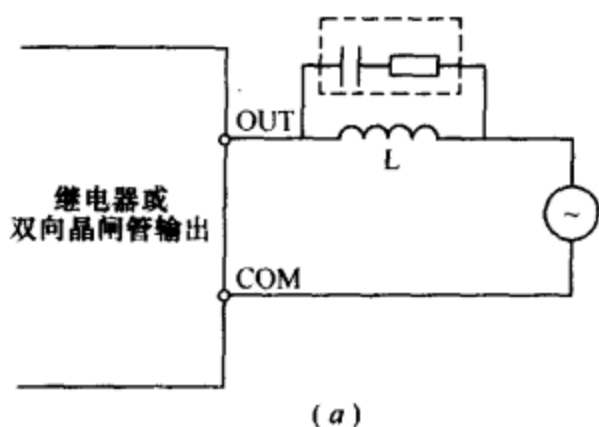


图 8-6 加电涌抑制器或二极管

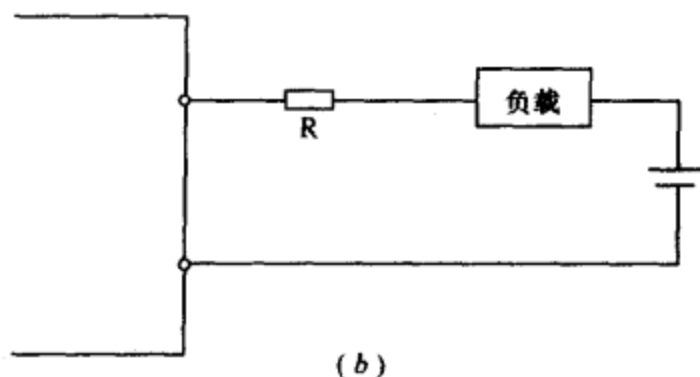
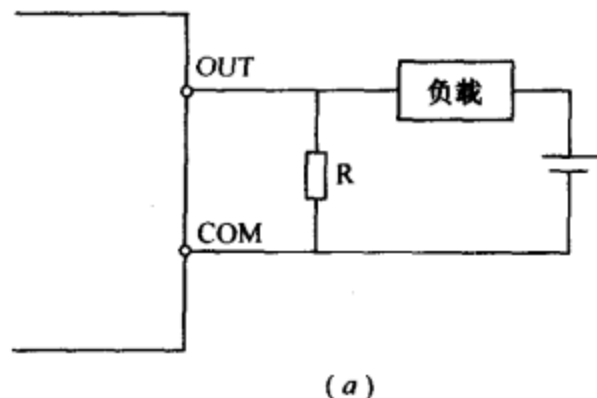


图 8-7 抑制冲击电流的方法

第二节 可编程控制器的抗干扰技术

随着科学技术的发展,PLC 在工业控制中的应用越来越广泛。PLC 控制系统的可靠性直接影响到工业企业的安全生产和经济运行,系统的抗干扰能力是关系到整个系统可靠运行的关键。自动化系统所使用的各种类型 PLC,有的是集中安装在控制室,有的是安装在生产现场和各电机设备上,它们大多处在强电电路和强电设备所形成的恶劣电磁环境中。要提高 PLC 控制系统可靠性,一方面要求 PLC 生产厂家提高设备的抗干扰能力;另一方面,要求工程设计、安装施工和使用维护中引起高度重视,多方配合才能完善解决问题,有效地增强系统的抗干扰性能。

一、电磁干扰源及对系统的干扰

1. 干扰源及干扰一般分类

影响 PLC 控制系统的干扰源与一般影响工业控制设备的干扰源一样,大都产生在电流或电压剧烈变化的部位,这些电荷剧烈移动的部位就是噪声源,即干扰源。

干扰类型通常按干扰产生的原因、噪声干扰模式和噪声的波形性质的不同划分。其中:按噪声产生的原因不同,分为放电噪声、浪涌噪声、高频振荡噪声等;按噪声的波形、性质不同,分为持续噪声、偶发噪声等;按噪声干扰模式不同,分为共模干扰和差模干扰。共模干扰和差模干扰是一种比较常用的分类方法。共模干扰是信号对地的电位差,主要由电网串入、地电位差及空间电磁辐射在信号线上感应的共态(同方向)电压叠加所形成。共模电压有时较大,特别是采用隔离性能差的配电器供电室,变送器输出信号的共模电压普遍较高,有的可高达 130V 以上。共模电压通过不对称电路可转换成差模电压,直接影响测控信号,造成元器件损坏(这就是一些系统 I/O 模件损坏率较高的主要原因),这种

共模干扰可为直流、亦可为交流。差模干扰是指作用于信号两极间的干扰电压,主要由空间电磁场在信号间耦合感应及由不平衡电路转换共模干扰所形成的电压,这种让直接叠加在信号上,直接影响测量与控制精度。

2. PLC 控制系统中电磁干扰的主要来源

1) 来自空间的辐射干扰

空间的辐射电磁场(EMI)主要是由电力网络、电气设备的暂态过程、雷电、无线电广播、电视、雷达、高频感应加热设备等产生的,通常称为辐射干扰,其分布极为复杂。若 PLC 系统置于所射频频场内,就回收到辐射干扰,其影响主要通过两条路径:一是直接对 PLC 内部的辐射,由电路感应产生干扰;而是对 PLC 通信内网络的辐射,由通信线路的感应引入干扰。辐射干扰与现场设备布置及设备所产生的电磁场大小,特别是频率有关,一般通过设置屏蔽电缆和 PLC 局部屏蔽及高压泄放元件进行保护。

2) 来自系统外引线的干扰

主要通过电源和信号线引入,通常称为传导干扰。这种干扰在我国工业现场较严重。

来自电源的干扰:实践证明,因电源引入的干扰造成 PLC 控制系统故障的情况很多。PLC 系统的正常供电电源均由电网供电。由于电网覆盖范围广,它将受到所有空间电磁干扰而在线路上感应电压和电流。尤其是电网内部的变化,开关操作浪涌、大型电力设备起停、交直流传动装置引起的谐波、电网短路暂态冲击等,都通过输电线路传到电源原边。PLC 电源通常采用隔离电源,但其机构及制造工艺因素使其隔离性并不理想。实际上,由于分布参数特别是分布电容的存在,绝对隔离是不可能的。

来自信号线引入的干扰:与 PLC 控制系统连接的各类信号传输线,除了传输有效的各类信息之外,总会有外部干扰信号侵入。此干扰主要有两种途径:一是通过变送器供电电源或共用信号仪表的供电电源串入的电网干扰,这往往被忽视;二是信号线受空间电磁辐射感应的干扰,即信号线上的外部感应干扰,这是很严重的。由信号引入干扰会引起 I/O 信号工作异常和测量精度大大降低,严重时将引起元器件损伤。对于隔离性能差的系统,还将导致信号间互相干扰,引起共地系统总线回流,造成逻辑数据变化、误动和死机。PLC 控制系统因信号引入干扰造成 I/O 模块损坏数相当严重,由此引起系统故障的情况也很多。

来自接地系统混乱时的干扰:接地是提高电子设备电磁兼容性(EMC)的有效手段之一。正确的接地,既能抑制电磁干扰的影响,又能抑制设备向外发出干扰;而错误的接地,反而会引入严重的干扰信号,使 PLC 系统将无法正常工作。

PLC 控制系统的地线包括系统地、屏蔽地、交流地和保护地等。接地系统混乱对 PLC 系统的干扰主要是各个接地点电位分布不均,不同接地点间存在地电位差,引起地环路电流,影响系统正常工作。例如电缆屏蔽层必须一点接地,如果电缆屏蔽层两端 A、B 都接地,就存在地电位差,有电流流过屏蔽层,当发生异常状态如雷击时,地线电流将更大。此外,屏蔽层、接地线和大地有可能构成闭合环路,在变化磁场的作用下,屏蔽层内会出现感应电流,通过屏蔽层与芯线之间的耦合,干扰信号回路。若系统地与其他接地处理混乱,所产生的地环流,就可能在电线上产生不等电位分布,影响 PLC 内逻辑电路和模拟电路的正常工作。PLC 工作的逻辑电压干扰容限较低,逻辑地电位的分布干扰容易影响 PLC 的逻辑运算和数据存储,造成数据混乱、程序跑飞或死机。模拟地电位的分布将

导致测量精度下降,引起对信号测控的严重失真和误动作。

3)来自 PLC 系统内部的干扰

主要由系统内部元器件及电路间的相互电磁辐射产生,如逻辑电路相互辐射及其对模拟电路的影响,模拟地与逻辑地的相互影响及元器件间的相互不匹配使用等。这都属于 PLC 制造厂对系统内部进行电磁兼容设计的内容,比较复杂,作为应用部门是无法改变,可不必过多考虑,但要选择具有较多应用实践或经过考验的系统。

二、PLC 控制系统工程应用的抗干扰设计

为了保证系统在工业电磁环境中免受或减少内外电磁干扰,必须从设计阶段开始便采取三个方面抑制措施:抑制干扰源;切断或衰减电磁干扰的传播途径;提高装置和系统的抗干扰能力。这三点就是抑制电磁干扰的基本原则。

PLC 控制系统的抗干扰是一个系统工程,要求制造单位设计生产出具有较强抗干扰能力的产品,且使用部门在工程设计、安装施工和运行维护中应予以全面考虑,并结合具体情况进行综合设计,才能保证系统的电磁兼容性和运行可靠性。进行具体工程的抗干扰设计时,应主要考虑以下两个方面。

1. 设备选型

在选择设备时,首先要选择有较高抗干扰能力的产品,其包括了电磁兼容性(EMC),尤其是抗外部干扰能力,如采用浮地技术、隔离性能好的 PLC 系统;其次还应了解生产厂家给出的抗干扰指标,如共模抑制比、差模抑制比,耐压能力、允许在多大电场强度和多高频率的磁场强度环境中工作;另外是靠考查其在类似工作中的应用实绩。在选择国外进口产品要注意:我国是采用 220V 高内阻电网制式,而欧美地区是 110V 低内阻电网。由于我国电网内阻大,零点电位漂移大,地电位变化大,工业企业现场的电磁干扰至少要比欧美地区高 4 倍以上,对系统抗干扰性能要求更高,在国外能正常工作的 PLC 产品在国内工业就不一定能可靠运行,这就要在采用国外产品时,按我国的标准合理选择。

2. 综合抗干扰设计

主要考虑来自系统外部的几种抑制措施。主要包括:对 PLC 系统及外引线进行屏蔽以防空间辐射电磁干扰;对外引线进行隔离、滤波,特别是原理动力电缆,分层布置,以防通过外引线引入传导电磁干扰;正确设计接地点和接地装置,完善接地系统。另外还必须利用软件手段,进一步提高系统的安全可靠性。

三、主要抗干扰措施

抗干扰的措施主要有抑制干扰源、切断或衰减干扰耦合途径、正确选择接地点和软件抗干扰措施。

1. 抑制干扰源措施

对 PLC 来说,电磁干扰源主要有供电电源干扰、断开感性负载时产生的脉冲干扰、晶闸管整流装置等产生的高频干扰以及静电放电干扰等。

1)抗供电电源干扰的措施

(1)加滤波器 主要是在电源输入端与地之间并联电容器,或在电源线中串接电感

器,组成电源滤波器或电感滤波器。其中,电容滤波器比较常见,为了获得比较好的效果,可采用 LC 混合滤波。

(2)加隔离变压器 隔离变压器具有较好的隔离作用,可用来减少分布电容,切断噪声。

(3)加浪涌吸收装置 如图 8-8 所示,在使用浪涌吸收器时应当注意,浪涌吸收器的耐压值应该在 PLC 标准规定范围内。

2)抗断开感性负载时产生的脉冲干扰的措施

(1)对于继电器输出型 PLC,当负载为电感型负载(如继电器、电磁阀等)时,若负载电源为直流,则可通过在负载两端并联续流二极管,RC 串联支路、二极管加 RC 环节、电阻或二极管加稳压管的方法抑制噪声;若负载电源为交流,则可在负载两端并联 RC 串联支路、压敏电阻、可变电阻、两个对接的稳压管等。

(2)对于晶体管输出型 PLC,当负载为感性负载时,可通过在负载两端并联续流二极管、或二极管加稳压管的方法抑制负载断开时的脉冲干扰。

(3)对于双向晶闸管输出型 PLC,当负载为感性负载时,可在负载两端并联 RC 滤波支路、两个对接的稳压管等。

3)抗整流器干扰的措施

晶闸管换相时会产生相对宽而深的缺口、对电网电压产生干扰;整流电流中含有丰富的高次谐波,也会使电网电压波形发生严重畸变。这些都会对 PLC 的工作造成干扰,主要抑制措施如下。

(1)在交流电源线间并入固定的 LC 串联谐振补偿装置,滤去高次谐波,LC 参数的配置应满足 5 次、7 次等谐振条件。这种方法的缺点是在整流装置不运行时,容性负载会引起电网电压的升高,应予以注意。

(2)设置线路电抗器,抑制晶闸管换相缺口对电网电压波形的影响,线路电抗器的电感量根据负载电流大小确定。

4)抗静电放电干扰的措施

静电放电噪声是一种脉冲干扰,尽管其能量小,但宽度窄,其瞬间的能量密度极有可能造成 PLC 的误动作。其主要干扰方式为在信号线上直接放电,或对地线放电。主要抑制措施有:提高电子设备表面的绝缘能力,尽量缩短信号线,采用高导磁材料覆盖信号回路等。

2. 切断或衰减干扰耦合途径的措施

切断或衰减干扰耦合途径是 PLC 控制系统非常重要的抗干扰措施,主要有以下几种措施。

1)抑制公共阻抗耦合的措施

导线的阻抗通常就是耦合阻抗,其大小与导线的铺设有很大关系时,必须预先考虑抗干扰措施。

(1)尽量缩短公共阻抗部分的导线长度,减小来回线间的距离及采用直线布线方式

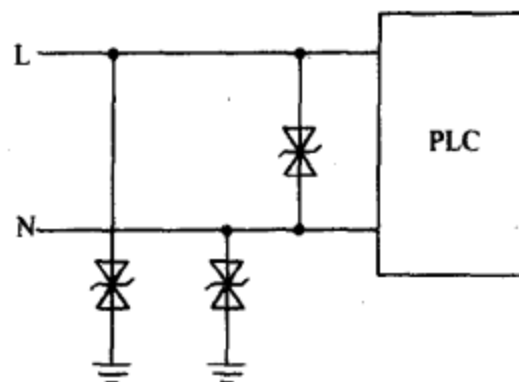


图 8-8 加浪涌吸收装置

等,用以减小导线的电感。

(2)采取增大导线截面、减小接触电阻等措施减小导线的电阻。

(3)机柜接地与系统接地分开设置。

(4)采用继电器、光电耦合器、变比器等电隔离器件实现电位隔离。

2)抑制电容性耦合的措施

为了抑制和避免电容性干扰,在设计 PLC 控制系统时,尽可能设计成低电阻及高信噪比系统,且其结构应尽量紧凑,彼此在空间上相互隔离。

(1)为减小耦合电容,在配线时,应使导线尽量短些,并尽量避免平行走线,信号线必须与电源线分开敷设;弱电线与强电线分别安排在不同配线槽内等。

(2)将耦合电容彼此电气平衡地连接,可以抵消耦合的干扰作用。

3)抑制电感性干扰的措施

(1)减小系统各部分之间的互感。主要措施有:减小系统各单元耦合部分(主要是电线电缆)的间距、导线尽量短、避免平行走线、采用双绞线以缩小电流回路所围成的面积等。

(2)对于干扰对象或干扰源设置磁屏蔽,以抑制干扰电场。主要有静态磁屏蔽和涡流屏蔽等措施。静态磁屏蔽主要用于低频段,屏蔽对象用一个尽可能密闭的铁磁性外壳罩起;涡流屏蔽用在高频段,它是利用非磁性或弱磁性物质中的涡流效应对交变磁场进行屏蔽。

(3)采用结构平衡措施。如导线垂直交叉敷设,或采用双绞线结构等,使耦合的干扰信号最小,或彼此抵消。

3. 正确选择接地点,完善接地系统

接地的目的通常有两个,其一为了安全,其二是为了抑制干扰。完善的接地系统是 PLC 控制系统抗电磁干扰的重要措施之一。

系统接地方式有:浮地方式、直接接地方式和电容接地三种方式。对 PLC 控制系统而言,它属高速低电平控制装置,应采用直接接地方式。由于信号电缆分布电容和输入装置滤波等的影响,装置之间的信号交换频率一般都低于 1MHz,所以 PLC 控制系统接地线采用一点接地和串联一点接地方式。集中布置的 PLC 系统适于并联一点接地方式,各装置的柜体中心接地点以单独的接地线引向接地极。如果装置间距较大,应采用串联一点接地方式。用一根大截面铜母线(或绝缘电缆)连接各装置的柜体中心接地点,然后将接地母线直接连接接地极。接地线采用截面大于 22mm^2 的铜导线,总母线使用截面大于 60mm^2 的铜排。接地极的接地电阻小于 2Ω ,接地极最好埋在距建筑物 10m~15m 远处,而且 PLC 系统接地点必须与强电设备接地点相距 10m 以上。

信号源接地时,屏蔽层应在信号侧接地;不接地时,应在 PLC 侧接地;信号线中间有接头时,屏蔽层应牢固连接并进行绝缘处理,一定要避免多点接地;多个测点信号的屏蔽双绞线与多芯对绞电缆连接时,各屏蔽层应相互连接好,并经绝缘处理,选择适当的接地处单点接点。

4. 软件抗干扰措施

所谓软件抗干扰措施,就是通过程序设计手段来排除电磁干扰可能造成的 PLC 误动作。这里仅举两个简单的例子加以说明。

1) 触点抖动的消除

对于外部输入设备可能产生的触点抖动,如按钮、继电器、传感器等的输入信号,可通过延时加以消除,对一些可持续一定时间的脉冲干扰,也可以采取这种办法加以消除,如图 8-9 所示。

在选择时间设定位时,应使其大于触点抖动间隔时间或干扰脉冲持续时间。对于 CPM1A 来说,若用高速定时器 TIMH,则最小选定时间为 0.01s,如果干扰持续时间较短,则为缩短系统的响应时间,可考虑利用程序扫描时间或某一段指令的执行时间来代替定时器的作用。

2) 互锁诊断

继电器、接触器等的动合、动断触点,不论其动作与否,总是呈互锁状态,即一对闭合,一对断开。若同时闭合或同时断开则为故障状态,必须加以妥善处理。用图 8-10 所示程序即可诊断互锁状态是否正确。

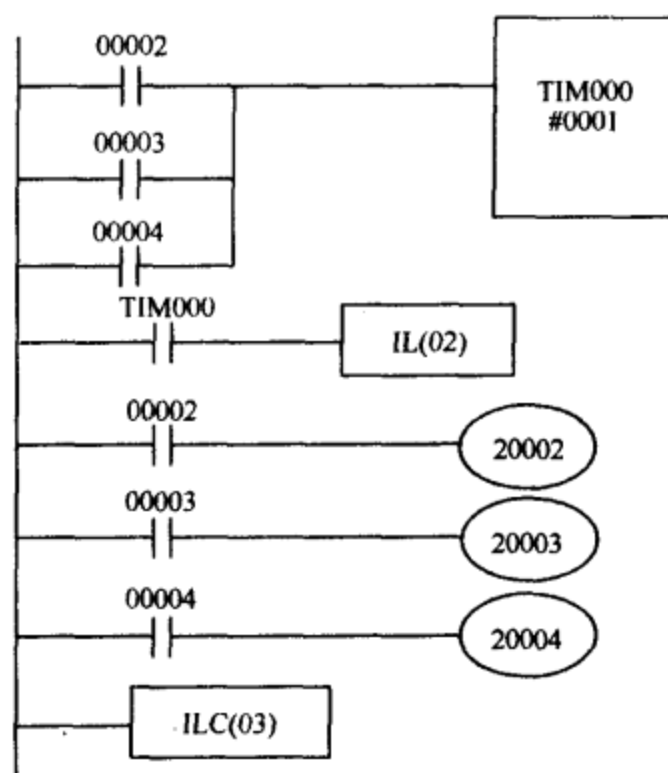


图 8-9 触点抖动的消除

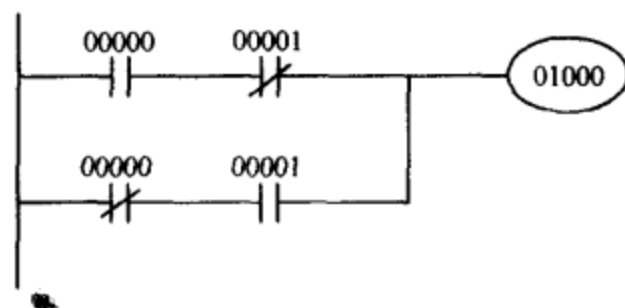


图 8-10 互锁诊断

00000、00001 分别为同一继电器的动合、动断触点输入,则正常时 01000 为“0”,有故障时 01000 为“1”。

在进行故障诊断时,对可以预测的干扰信号,总可以找到解决的办法。但有些干扰信号造成的故障则很难事先预知,这就要求在软件及硬件设计时,全面考虑系统的抗干扰措施,同时还要考虑到,在软件控制的 PLC 系统中,由于软件和硬件的相互作用,有些故障很难判断出到底是由硬件引起的还是由软件引起的,也就是说,软件和硬件故障必须结合起来考虑。有些硬件故障可以通过软件发现并自动采取修复及补救措施。有时又用硬件来监视软件工作的正确性。把 PLC 的软、硬件结合起来处理电磁干扰问题,是 PLC 系统的优越性之一。

PLC 控制系统中的干扰是一个十分复杂的问题,因此在抗干扰设计中应综合考虑各方面的因素,合理有效地抑制抗干扰,对有些干扰情况还需做具体分析,采取对症下药的方法,才能够使 PLC 控制系统正常工作。

第三节 可编程控制器的维护

一、PLC 系统的试运转

一个新的 PLC 系统在投入运行之前,必须对其进行必要的检查与试运转,以便尽快发现潜在的问题,其中包括 PLC 系统的硬件、软件和接线等问题,从而保证运行时能安全正常地工作。

1. 试运转前的检查

(1)电源线及 I/O 线的检查 主要包括:市电输入线连接是否正确,有无短路;电源线和 I/O 线的配线是否正确,连线是否牢固;端子螺钉是否有松动;压接端子是否短路;系统各功能单元的装配是否正确和牢固;端子板连接器的装配是否牢固等。

(2)连接电缆检查 主要包括:各装置间的 I/O 连接电缆是否正确、锁紧;各单元间的连接电缆是否连接正确并锁紧等。

(3)存储单元的检查 主要包括:写保护开关是否设定在可写入侧(ON);存储器单元(RAM//EPROM/EEPROM 单元)安装是否正确等。

2. 试运行过程

在试运行前进行检查并确认无误后,可以作加电试运行,顺序如图 8-11 所示。

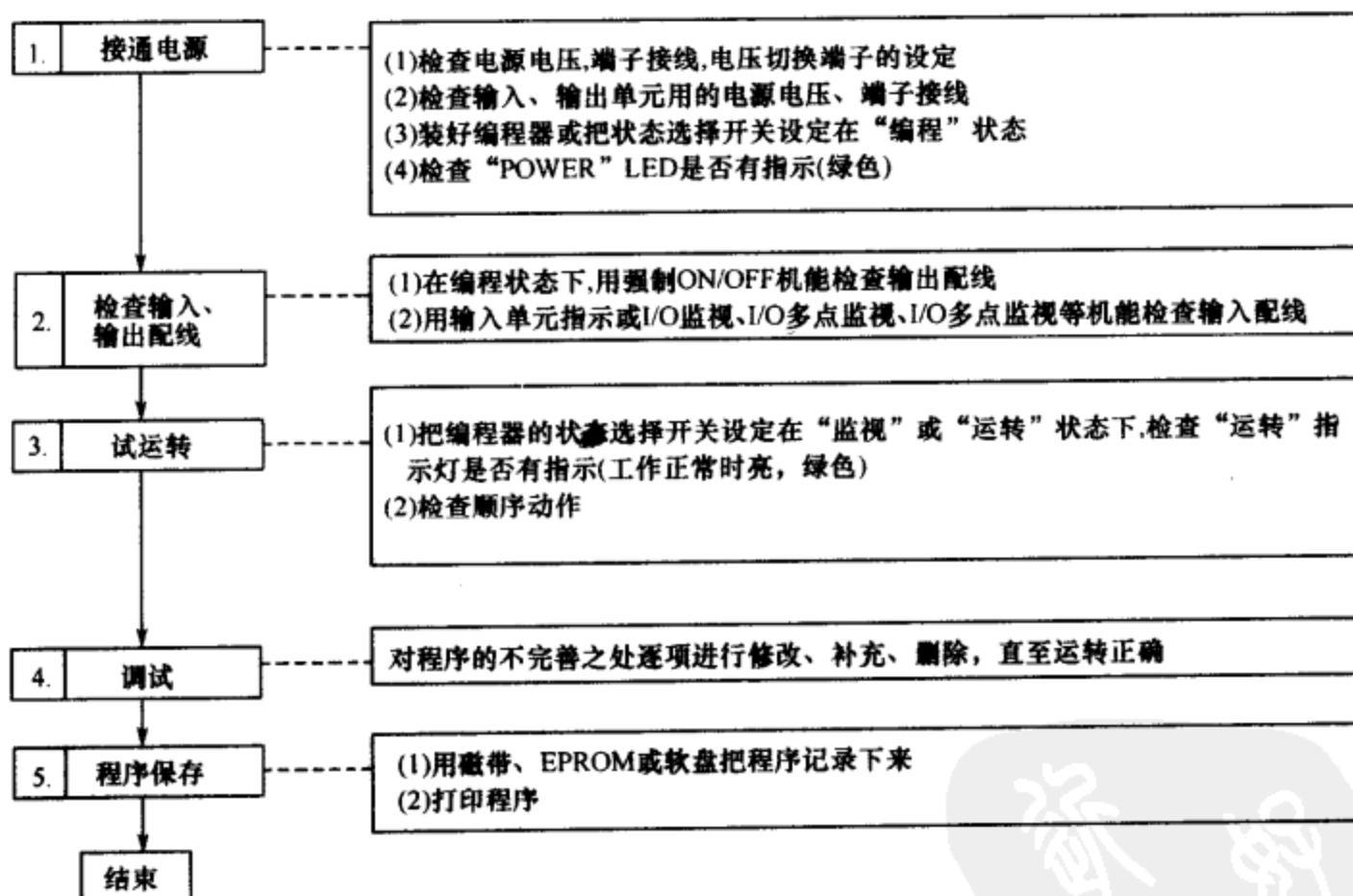


图 8-11 运行顺序

在试运行过程中,执行到任何一步,均要在检测有关内容合格之后再执行下一步,如发现不合格内容,应立即予以修正。在未达到规定标准之前不得进行新的试运行项目。

试运行的具体时间应视本系统的复杂程度和对可靠性的要求不同而异。简单系统一般应有两三天时间,复杂系统经常可达数周。

二、PLC 系统的自诊断功能

为了使系统平均修复时间压缩到最短,PLC 机本身有各种各样的自诊断功能,以便对机器运转的各种异常进行报警,提示故障原因,便于及时处理。

欧姆龙 CPM1A 系列 PLC,在其 PLC 单元面板上设置了几个指示灯,可实现自诊断功能。

POWER LED 电源指示灯(绿色) 电源接通时亮,电源断开时灭。

RUN LED 运行/监视指示灯(绿色) PLC 处在运行或监视状态时亮,处在编程状态或运行异常时灭。

ERROR LED/ALM 严重错误和警告错误指示灯(红色) 这两种显示共用一个 LED,PLC 出现严重错误时 LED 常亮,此时,PLC 停止工作且不执行程序;PLC 出现警告性错误时,LED 闪烁,但 PLC 继续执行程序;运行正常时 LED 灭。

三、故障诊断步骤

PLC 机具有一定的自诊断能力,而且在系统运行周期中都有自诊断处理阶段。PLC 运行中,一旦故障发生,首先要充分了解故障及发生的区域,最后按照电源→系统→报警→I/O 口→工作环境的顺序逐一检查故障区域。

1. 电源的检查

在 PLC 的总体检查中,通过 POWER 指示大致可以确定电源的状态,因此对电源的诊断是比较容易的。此外在作其他项目检查时,往往需要使用 PLC 中的电源,即必须在 PLC 的电源正常工作的条件下检查。因此要首先检查和检修电源。

2. 系统运行异常检查

运行异常的检查是 PLC 系统中经常要做的工作,运行异常时,系统停止工作,RUN 灯不亮,可采用观察法或替换法来诊断故障的大致位置,并迅速处理。

3. 系统报警检查

报警故障首先反应在报警指示灯 ALARM 的闪烁,应及时检查系统,查明原因。

4. I/O 检查

输入/输出是可编程控制器与外界外部设备进行信息交流的渠道,I/O 是否正常工作除和输入/输出单元(模板)有关,还与连接配线、接线端子、熔断丝等元件有关,特别是接线端子,一旦松动,则传递的信息就会失常。

5. 外部环境检查

影响控制器工作的环境因素主要包括温度、湿度、噪声与粉尘,个别环境存在腐蚀性气体如酸、碱等。检查时,应检查这些环境因素是否符号要求。

四、系统的维护

PLC 系统在工业环境下运行,总会发生故障、损坏。如果等到报警或故障发生后去检修,总是要影响生产。如果能经常地、定期地做好设备的维护,则可以做到使机器工作于最佳状态,企业工作的经济效益亦将是最好的,因此定期检修与日常维护非常必要。具体维修工作大致有下面几个方面。

1. 掌握设备的特性

掌握设备的特性是做好设备日常维修的基础。例如 PLC 的交流供电电压一般有 AC100V~240V, 在日常工作中它允许有一定的电压波动范围, 向上波动不能超过 10%, 向下波动不能超过 15%, 当工作环境的电源波动范围超过上述限制, 则必须采取一定措施。

2. 严格的检修制度

检修工作关系到设备功能能否正常发挥, 关系到生产能否顺利进行, 这两者是相辅相承的, 互相制约的, 因此检修工作形成制度, 按期执行, 保证设备运行的最优, 设备检查制度中应明确各类检修的时间, 检修的项目, 质量标准等。以 CPM1A 为例, 其检修时间以 6 个月~1 年一次为宜, 当外部环境较差时, 可根据情况适当地将间隔缩短。

3. 备件准备

在有条件的情况下, 应对使用设备中多数元件备有充足的备件, 尤其是市面上不易购置到的较特殊的器件和材料, 更应及早准备好备件。此外, 对一些常用的元件, 如电阻、电容、三极管、光电隔离器等, 应尽可能地备齐。



第九章 可编程控制器通信网络简介

在工业过程控制中,一个控制过程通常由许多控制任务组成,各控制任务之间既相互独立,又密切联系。一台 PLC 的 I/O 点数和内存容量是有限的,复杂的控制任务靠扩大机型来解决,会有很多困难。随着计算机网络通信技术的发展,几乎所有可编程控制器生产厂家开发的产品均具有通信功能,并开发出通信网络。利用网络及通信,可使各 PLC 联成一体,方便地进行信息交换,从而更有效地完成控制任务。PLC 的通信与网络技术的内容十分丰富,各生产厂家的 PLC 网络也不相同,本章除介绍通信基础知识外,还将对欧姆龙公司的 PLC 通信与网络系统进行简要介绍。

第一节 通信网络基本知识

在工业控制中,计算机的 CPU 与外部设备之间、计算机之间所有信息交换统称为通信(Communication)。在多台处理机的工业自动化系统中,相互之间通信遵循一定的通信方式,通信系统构成一定的网络形式。

一、数据通信基本知识

1. 并行通信与串行通信

通信基本方式可分为并行通信和串行通信两种。

并行通信是指数据的各位同时进行传输的通信方式,如图 9-1 所示。这种通信方式优点是传输速度快;缺点是由于数据有多少位,需要有多少根传输线,在位数多、传输距离远时导致通信线路复杂,成本高。常用于短程通信,尤其是机内通信。

串行通信是指数据一位一位地成串传输的通信方式,如图 9-2 所示。这种通信方式的数据传输只需一两根传输线,通信线路简单,有时可以用电话线实现,成本低,特别适用

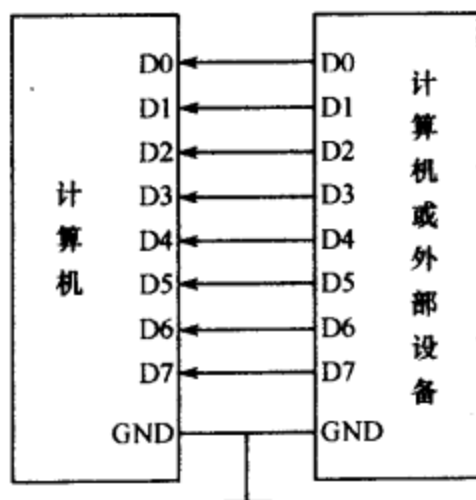


图 9-1 并行通信

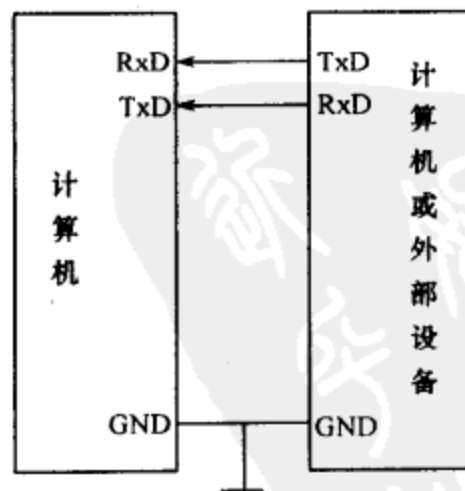


图 9-2 串行通信

于远程通信;缺点是相对并行通信传输速度慢。

从信号角度看,并行通信接口常用 TTL 电平信号。串行通信多使用 RS232C 的总线电平信号(5V~25V),信号的衰减与放大处理容易。多方面因素考虑,并行通信多用于传输距离短而速度要求高的场合,串行通信则用于传输长距离、低速度的场合。

2. 异步通信与同步通信

在串行数据传输时,数据的通信又分为异步通信和同步通信两种基本方式。

异步通信方式又称为“起止”方式,即在要传输的数据前端加一个起始位,而在数据末端加停止位,表示数据结束。传输数据以字节为单位逐次传输,并经起始位和停止位兼作发送和接收设备的同步时钟信号。当没有数据要传送时,通信线路处于高电平“闲”状态,进行等待。传输格式如图 9-3 所示。



图 9-3 异步通信格式

同步通信中数据是以一组数据(数据块)为单位传输。数据块中每一字节不需加起始位和停止位,而在整块前加有一个或多个同步字符,数据块后加结束控制字符,使得发送和接收设备间每个字节(Byte)都保持同步。传输格式如图 9-4 所示。数据块中可能含非数据信息,如数据传送目的地址、校验比特组合、控制信息等,数据加上控制信息组成的块称数据帧。

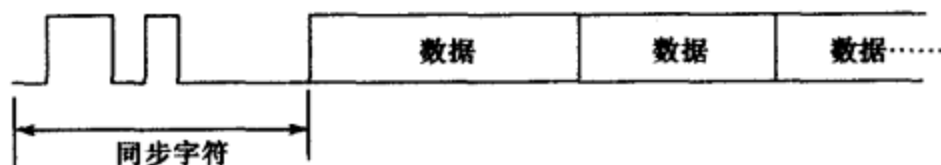


图 9-4 同步通信格式

3. 单工、半双工与全双工通信

在通信线路上按数据传输方向划分有单工、半双工和全双工通信方式。

- (1)单工通信 单工通信指传送的信息始终是同一方向,而不能进行反向传送。
- (2)半双工通信 半双工通信是指信息流可在两个方向上传输,但同一时刻只能有一个站发送,接收设备也可以发送信息。
- (3)全双工通信 全双工通信是指同时可以作双向通信,两个既可同时发送、接收,又可同时接收、发送。若采用二线制线路,信号应按频率调制成低频信道和高频信道。

单工通信、半双工通信和全双工通信示意图如图 9-5 所示。

4. 基带传输与载带传输

根据数字信号在信道上传输时是否经过调制,可将数字通信分为基带传输和载带传输。

1)基带传输

计算机、PLC 及其他数字设备产生的“0”和“1”的电信号脉冲序列就是基带信号。基

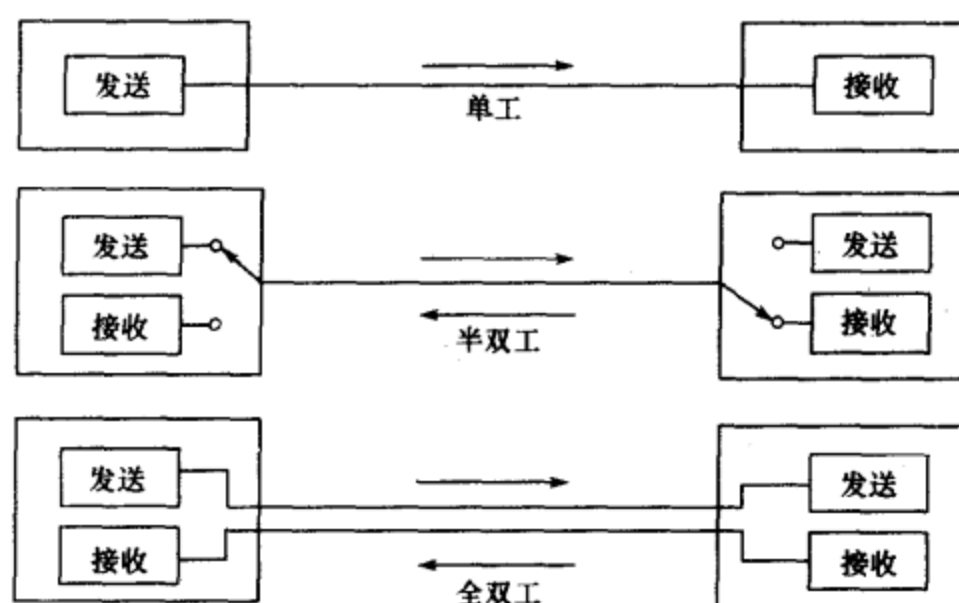


图 9-5 通信方式

带传输就是将“1”和“0”用不同的电压表示后，在传输线上进行传输。在 PLC 网络中，大多数采用基带传输，即对二进制数字信号不进行任何调制，按照它们原有的脉冲形式直接传输。但是，若传输距离较远时，则可以考虑采用调制解调器进行载带传输。为了满足基带传输的实际需要，通常要求把单极性脉冲序列经过适当的基带编码，以保证传输码型中不含直流分量，并具有一定的检测错误信号状态的能力。基带传输的传输码型很多，常用的有：曼彻斯特码（双相码）、差分双相码、密勒码等。在 PLC 网络中常采用曼彻斯特编码方式。其原因是：在传输过程中，为了避免存在多个连续的“0”和“1”时，系统无同步参考，故在编码中采用了发送“1”时前半周期为低电平、后半周期为高电平，在传输“0”时前半周期为高电平、后半周期为低电平的办法。这样，在每个码元的中心位置都存在着电平跳变，具有“内含时钟”的性质，即使连续传输多个“0”或“1”，波形也有跳变，有利于提取定时同步信号。

2) 载带传输

载带传输是把基带信号调制到载波信号上，然后再传输调制信号的方法。载波信号是正弦波信号，它有三个描述参数：振幅、频率和相位。因此，相应的有三种调制方式：调幅方式、调频方式和调相方式。

调幅方式是根据数字信号的变化改变载波信号的振幅。例如：“1”用高振幅表示，“0”用低振幅表示。调幅方式示意图如图 9-6(a)所示。

调频方式是根据数字信号的变化改变载波信号的频率。例如：“1”用高频率表示，“0”用低频率表示。调频方式示意图如图 9-6(b)所示。

调相方式是根据数字信号的变化改变载波信号的相位。例如：数字信号从“0”变为“1”或从“1”变为“0”时，载波信号的相位改变 180° 。调相方式示意图如图 9-6(c)所示。

基带传输方式时整个信道都用来传输某一数字信号，即单信道，常用于半双工通信。载带传输时，在同一条传输线路上可用载带分割的方法将信道划分为几个载带，同时传输多路信号，常用于全双工通信。例如：传输两种信号，数据发送和传输使用高频信道，各站间的应答响应使用低频信道。

背景知识 调制解调器

远距离直接传送数字信号，信号会发生畸变，因此要把数字信号转变为模拟信号，再

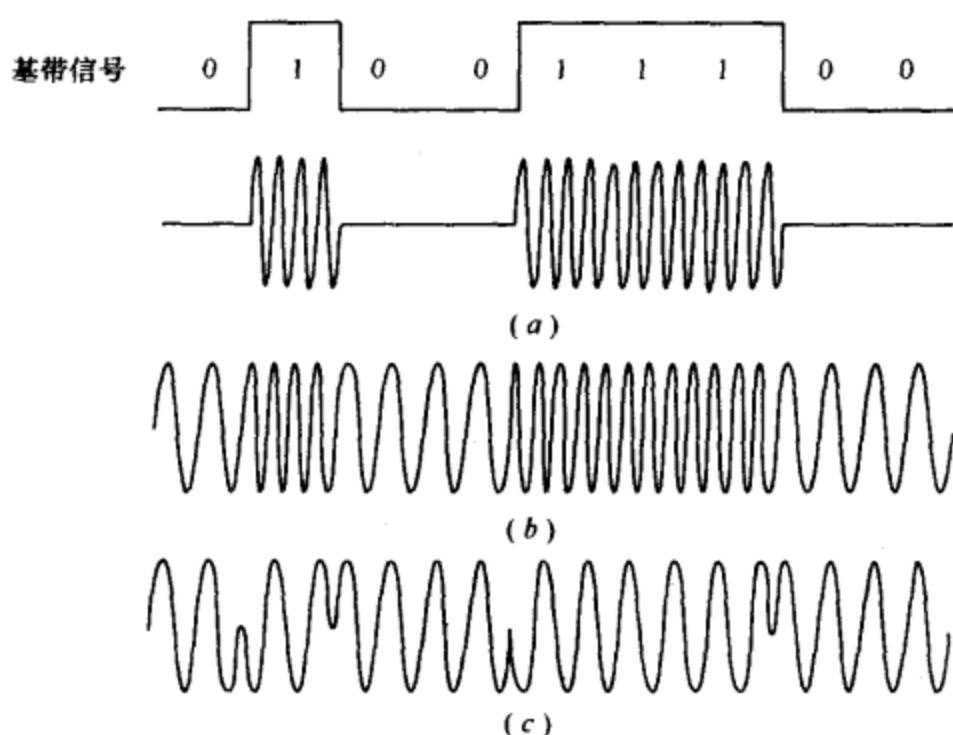


图 9-6 载带传输的三种调制方式

进行传送,即采用载带传输的方式。信号形式的转变通常使用调频法。为此,在串行通信的发送端应该有调制器,以便把电平信号调制为频率信号;而在接收端则应有解调器,以便把频率信号解调为电平信号。频带传输串行通信多采用双工方式,即通信双方都具有发送和接收功能。为此在频带传输串行通信线路的两端都应设置调制器和解调器,并且把两者合在一起称之为调制解调器(Modem)。

5. 传输速率

传送速率用于说明数据传送的快慢。在串行通信中,数据是按位进行传送的,因此传送速率用每秒钟传送格式位的数目来表示,称之为波特率(Baud Rate)。每秒传送一个格式位就是 1 波特。即:

$$1 \text{ 波特} = 1\text{b/s}$$

在串行通信中,格式位的发送和接收分别由发送时钟脉冲和接收时钟脉冲进行定时控制。时钟频率高,则波特率也高,通信速度就快;反之,时钟频率低,则波特率也低,通信速度就慢。串行通信可以使用的标准波特率在 RS232C 标准中已有规定,使用时应根据速度需要、线路质量以及设备情况等因素选定。波特率选定之后,对于设计者来说,就是如何得到能满足波特率要求的发送时钟脉冲和接收时钟脉冲。

6. 奇偶校验与循环冗余校验

为了确保传送的数据准确无误,常在传送过程中进行相应的检测,避免不正确数据被误用。

(1)奇偶校验 奇偶校验可以检验单个字符的错。发送端在每个字符的最高位之后附加一个奇偶校验位。这个校验位可为“1”或“0”,以便保证整个字符为“1”的位数是奇数(称奇校验)或偶数(称偶校验)。发送端按照奇或偶校验的原则编码后,以字符为单位发送,接收端按照相同的原則检查收到的每个字符中“1”的位数,如果为奇校验,发送端发出的每个字符中“1”的位数为奇数,若接收端收到的字符中“1”的位数也为奇数,则传输正确,否则传输错误。偶校验与奇校验方法类似。

(2)循环冗余校验(CRC) 循环冗余校验以二进制信息的多项式表示为基础。它的

基本思想是:在发送端给信息报文加上 CRC 校验位,构成一个特定的待传报文,使它所对应的多项式能被一个事先指定的多项式除尽。这个指定的多项式叫作生成多项式 $g(x)$ 。 $g(x)$ 由发送方和接收方共同约定。接收方收到报文后,用 $g(x)$ 来检查收到的报文。如果用 $g(x)$ 去除收到的报文多项式,可以除尽就表示传输无误,否则说明收到的报文不正确。CRC 校验具有很强的检错能力,并可以用集成芯片电路实现,是目前计算机通信中使用最普遍的校验码之一。PLC 网络中广泛使用 CRC 校验码。

二、网络基本知识

凡将地理位置不同而又具有各自独立功能的多个计算机,通过通俗设备和通信线路相互连接起来构成的计算机系统就称为计算机网络。通常将网络中的每个计算机或交换信息的设备称为网络的站或节点。各节点连接在网络之后就具有双重功能,它在负责本地信息处理同时,还应能将本信息以一定方式发送出去,并能接收和处理其他节点送来的信息,计算机网络就是由通信线路和若干节点(站)组成。

1. 网络的分类

按网络中各站间的距离可将计算机网络划分为三类:远程网络 WAN(Wide Area Network)、局域网 LAN(Local Area Network)和紧耦合网络(或多处理机系统)。

远程网络各站分布在很大的地理范围,数据传输距离可达数千米以上,其数据传输速率较低。一般低于 100Kb/s。多处理机系统的传输距离局限于几米以内,系统耦合紧密,通信完全集中。局域网的传输距离介于两者之间,约几十米到几千米,数据传输速率在 0.1Mb/s~20Mb/s 之间,比多处理机系统低,通信可靠,误码率低。

局域网是工业计算机控制系统中主要使用的计算机网络,因其通信系统费用低、性能价格比高,从而得到广泛应用。目前可编程控制器网络均为局域网。局域网具有以下主要特点:数据通信传输速率高,误码率低;可以支持几百台相互独立的设备;网络拓扑结构比较规则;通信协议比较简单,且标准化进程快;价格比较低廉。

2. 网络通信协议

PLC 网络如同计算机网络一样,也是由各种数字设备(其中也包括 PLC、计算机)和终端设备等通过通信线路连接起来的复合系统。在这个系统中,由于数字设备型号、通信线路类型、连接方式、同步方式、通信方式等的不同,给网络各节点间的通信带来了不便,不同系列、不同型号的计算机、PLC 通信方式各有差异,造成了通信软件需要依据不同的情况进行开发。这不仅涉及到数据的传输,而且还涉及到 PLC 网络的正常运行,因此在网络系统中,为确保数据通信双方能正确而自动地进行通信,应针对通信过程中的各种问题,制定一整套的约定,这就是网络系统的通信协议,又称网络通信规程。所以通信协议就是一组约定的集合,是一套语义和语法规则,用来规定有关功能部件在通信过程中的操作。通常通信协议至少应有两种功能:一是通信,包括识别和同步;二是信息传输,包括错误检测和修正等。

例如,对于前面介绍的异步串行通信协议,主要有下述内容。

(1)起始位 通信线上没有数据被传送时处于逻辑“1”状态。当发送设备要发送一个字符数据时,首先发出一个逻辑“0”信号,这个逻辑低电平就是起始位。起始位通过通信线传向接收设备,接收设备检测到这个逻辑低电平后,就开始准备接收数据位信号。起始

位所起的作用就是使设备同步,通信双方必须在传送数据位前协调同步。

(2)数据位 当接收设备收到起始位后,紧接着就会收到数据位。数据位的个数可以是5、6、7、8或9等,PC机中经常采用7位或8位数据传送。这些数据位被接收到移位寄存器中,构成传送数据字符。在字符数据传送过程中,数据位从最低有效位开始发送,依次在接收设备中被转换为并行数据。

(3)奇偶校验位 数据位发送完之后,便可以发送奇偶校验位。奇偶校验用于有限差错检测,通信双方应约定一致的奇偶校验方式。如果选择偶校验,那么组成数据位和奇偶位的逻辑“1”的个数必须是偶数;如果选择奇校验,那么逻辑“1”的个数必须是奇数。

(4)停止位 在奇偶位或数据位(当无奇偶校验时)之后发送的是停止位。停止位是一个字符数据的结束标志,可以是1位、1.5位或2位的低电平。接收设备收到停止位之后,通信线路上便又恢复逻辑“1”状态,直至下一个字符数据的起始位到来。

(5)波特率设置 通信线路上传送的所有位信号都保持一致的信号持续时间,每一位的宽度都由数据传送速率确定,而传送速率是以每秒多少个二进制位来度量的。例如,如果数据以每秒300个二进制位在通信线路上传送,那么这个传送速率就为300b/s。

三、通信网络传送媒质

传输媒质是通信中实际传送信息的载体。数据通信系统中采用的传输媒质可分为有线和无线两大类。双绞线、同轴电缆、电力线、电话线、波导管和光纤是常用的几种有线传输媒质。短波通信、微波通信、卫星通信、红外通信、激光通信、散射通信以及蓝牙通信等的信息载体都属于无线传输媒质。对于PLC来说,主要采用双绞线、同轴电缆和光纤,下面分别简要进行介绍。

1. 双绞线

双绞线是由两条互相绝缘的铜导线扭绞起来构成的,一对线作为一条通信线路,其构成如图9-7所示。通常类似这样的一定数量的导线对捆成一个电缆,外面包上硬护套。之所以采用这种扭绞结构是为了减少相邻导线的电磁干扰,以提供相对稳定的导电特性。

双绞线可用于传输模拟及数字信号,其通信距离一般为几千米到几十千米。当距离太长时,对于模拟信号,每隔5km~6km需加放大器,以便将衰减了的



图9-7 双绞线的构成

信号放大到合适的数值;对于数字信号,每隔2km~3km需加转发器(中继器),以便将失真了的数字信号进行整形。导线越粗,其通信距离越远,但导线价格会越高。

与其他传输介质相比,双绞线的传输距离、带宽和数据率有限。当频率增大时,信号衰减也增大。此外它易于和电磁场耦合,对噪声和干扰较敏感。但由于双绞线成本低廉且性能较好,因而无论是在模拟还是数字数据通信中都是一种普遍采用的传输介质。

2. 同轴电缆

同轴电缆也像双绞线那样由一对导体组成,但它们是按同轴的形式构成线对,其结构如图9-8所示。其中最里层是内导体,外包一层绝缘材料,外面再套一个空心的圆柱形外导体,最外层是起保护作用的塑料外皮。内导体和外导体构成一组线对。单根同轴电缆直径约为0.5cm~2.5cm,几个同轴电缆往往会在一个大电缆内,有些里面还装有二芯扭绞线或四芯线组用于传输控制信号。由于外导体是接地的,故同轴电缆具有很好的抗干

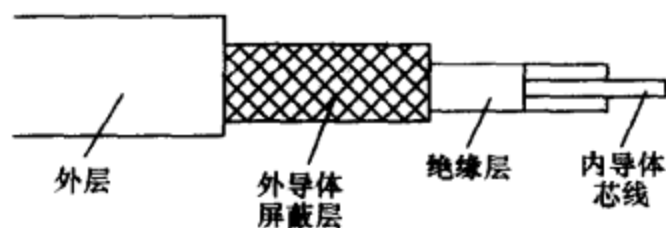


图 9-8 同轴电缆的结构

扰性。

同轴电线与双绞线相比价格稍贵,因其具有带宽宽、数据传输速率高、传输距离长、抗干扰能力强等优点,尽管面临光纤、微波和卫星等传播信道的竞争,但仍是用途非常广泛的传输介质。由于它比双绞线具有优越的频率特性,现已被广泛用于较高速率和较高频率的数据传输,如长距离电报、电话传输,有线电视、局部网络和短距离系统连接的通信线路中。

3. 光纤

光纤是光导纤维的简称,是传送光信号的媒质。光纤是利用各种玻璃和塑料制成的。

光纤的结构呈圆柱形,内部是纤芯,外部是包层。纤芯采用二氧化硅掺以锗和磷等材料制成,直径约 $5\mu\text{m}\sim 75\mu\text{m}$;包层采用纯二氧化硅制成,直径约 $100\mu\text{m}\sim 150\mu\text{m}$ 。光纤的最外层是塑料护皮,用以保护纤芯。纤芯的折射率比包层的折射率高 1% 左右,因而可以使光聚集在纤芯与包层的界面之内向前传播,形成光波导。

光纤通信的主要优点有:频带宽,通信容量大;在很宽的频带范围内,光纤对各频率的传输损耗几乎相等,不需在接收端或中继站采取幅度或时延等的均衡措施;不受电磁干扰和静电干扰的影响,即在同一根光缆中,邻近各根光纤之间几乎没有串扰;构成光纤的主要原料是石英,石英的资源丰富且价格便宜;此外还有保密性好、线径细、体积小、质量小、损耗小、误码率低等优点,光纤已成为当今重要的传媒介质之一,为数字通信和计算机通信网的迅速发展提供了良好的传输环境。

图 9-9 为光纤光电耦合器,它是一种由半导体光电器件和光纤组成的传输器件。由于具有传输频带宽、绝缘性能好、抗辐射和耐腐蚀等一系列优点,因此,特别适用于辐射区、超高压电力系统、强电磁干扰区、雷区、易燃易爆区及强腐蚀环境等场合。它可以传输音频信号、视频图像信号、测量和控制信号等模拟信号及数字信号。

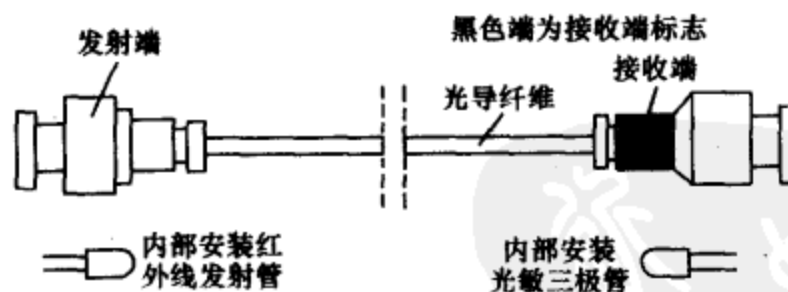


图 9-9 光纤光电耦合器

四、串行通信总线标准接口

标准接口是指明确定义若干信号线,使接口电路标准化、通用化的接口,借助串行通信标准接口,不同类型的数据通信设备可以很容易实现它们之间的串行通信连接。采用

标准接口后,能很方便地把各种计算机、外部设备、PLC 等有机地连接起来,进行串行通信。标准异步串行通信接口有以下几类:RS232C、RS422、RS423 和 RS485、20 mA 电流环。RS232C 是由美国电子工业协会(EIA)正式公布的、在异步串行通信中应用最广的标准总线,它包括了按位串行传输的电气和机械方面的规定,适合于短距离或带调制解调器的通信场合。为了提高数据传输速率和通信距离,EIA 又公布了 RS449、RS422、RS423 和 RS485 串行总线接口标准。20mA 电流环是一种非标准的串行接口电路,但由于它具有简单、对电器噪声不敏感的优点,因而在串行通信中也得到广泛使用。

1. RS232C 串行通信总线标准接口

RS232C 是美国电子工业协会(EIA)制定的一种串行物理接口标准。RS 是英文“推荐标准”的缩写,232 为标识号,C 表示修改次数。RS232C 总线标准规定了 21 个信号和 25 个引脚,包括一个主通道和一个辅助通道,在多数情况下主要使用主通道。对于一般双工通信,仅需几条信号线就可实现,包括一条发送线、一条接收线和一条地线。

RS232C 标准规定的数据传输速率为 50b/s、75b/s、100b/s、150b/s、300b/s、600b/s、1200b/s、2400b/s、4800b/s、9600b/s、19200b/s。驱动器允许有 2500pF 的电容负载,通信距离将受此电容限制。信号传输速率为 20Kb/s 时,最大传输距离为 15m。传输距离短的另一原因是 RS232 属单端信号传送,存在共地噪声和不能抑制共模干扰等问题,因此一般用于短距离通信。

图 9-10 分别为计算机 25 芯和 9 芯串口引脚排列图。表 9-1 和表 9-2 分别为 25 芯和 9 芯引脚信号功能。

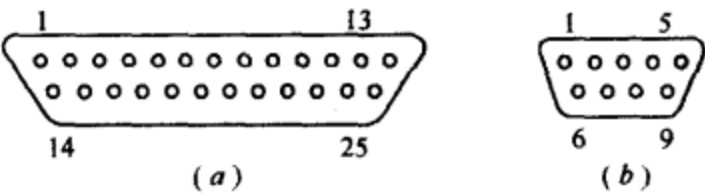


图 9-10 RS232C 串口引脚排列图

表 9-1 计算机 25 芯串口引脚功能

脚号	信号名称	方向	信号 功 能
1	—	—	接设备外壳,保护地
2	TXD	PC 机→对方	PC 机发送数据
3	RXD	PC 机←对方	PC 机接收数据
4	RTS	PC 机→对方	PC 机请求接收数据
5	CTS	PC 机←对方	双方已切换到接收状态(清除发送)
6	DSR	PC 机←对方	对方准备就绪
7	GND	—	信号地
8	DCD	PC 机←对方	PC 机收到远程信号(载波检测)
20	DTR	PC 机→对方	PC 机准备就绪
22	RI	PC 机←对方	通知 PC 机,线路正常(振铃指示)
9~19、21、23~25	NC		空

表 9-2 计算机 9 芯串口引脚功能

脚号	信号名称	方向	信号功能
1	DCD	PC 机←对方	PC 机收到远程信号(载波检测)
2	RXD	PC 机←对方	PC 机接收数据
3	TXD	PC 机→对方	PC 机发送数据
4	DTR	PC 机→对方	PC 机准备就绪
5	GND	—	信号地
6	DSR	PC 机←对方	对方准备就绪
7	RTS	PC 机→对方	PC 机请求接收数据
8	CTS	PC 机←对方	双方已切换到接收状态(清除发送)
9	RI	PC 机←对方	通知 PC 机,线路正常(振铃指示)

由于 RS232C 是早期(1969 年)为促进公用电话网络进行数据通信而制定的标准,其逻辑电平对地是对称的,与 TTL、MOS 逻辑电平完全不同。逻辑 0 电平规定为+5~+15V 之间,逻辑 1 电平为-5V~-15V 之间,因此,RS232C 驱动器与 TTL 电平连接必须经过电平转换。

RS232C 由于发送器和接收器之间具有公共信号地,不能使用双端信号,因此,共模噪声会耦合到信号系统中,这是迫使 RS232C 使用较高传输电压的主要原因。即使如此,该标准的信号传输速率也只能达到 20Kb/s,而且最大距离仅 15m。只有在这种条件下才能可靠地进行数据传输。

2. RS449、RS422、RS423 和 RS485 串行总线接口标准

RS232C 虽然应用很广,但因其推出较早,在现代网络通信中已暴露出明显的缺点:如数据传输速率慢、通信距离短、未规定标准的连接器、接口处各信号间易产生串扰,鉴于此,EIA 制定出了新的标准 RS449。该标准除了与 RS232C 兼容外,还在提高传输速率、增加传输距离、改进电气性能方面作了很大努力。RS423A/422A(全双工)是 RS449 标准的子集,RS485(半双工)则是 RS422A 的变型。

1)RS449 标准接口

1977 年公布的电子工业标准接口 RS449,在很多方面应用可代替 RS232C。两者的主要差别是信号在导线上传输方法不同。RS232C 是利用传输信号线与公共地之间的电压差,RS449 接口是利用信号导线之间的信号电压差,可在 1219.2m(4000ft)的 24-AWG 双绞线上进行数字通信,速率可达 90000b/s。RS449 规定了两种标准接口连接器,一种为 37 脚,一种为 9 脚。两种连接器的管脚排列顺序见表 9-3 和表 9-4。

表 9-3 RS449 连接器管脚功能(37 脚)

脚号	信号名称	脚号	信号名称
1	屏蔽	6	接收数据
2	信号速率指示器	7	请求发送
3	空脚	8	接收同步
4	发送数据	9	允许发送
5	发送同步	10	本地回测

(续)

脚号	信号名称	脚号	信号名称
11	数据模式	25	请求发送(公共端或参考点)
12	终端就绪	26	接收同步(公共端或参考点)
13	接收设备就绪	27	允许发送(公共端或参考点)
14	远距离回测	28	终端正在服务
15	来话呼叫	29	数据模式(公共端或参考点)
16	信号速率选择/频率选择	30	终端就绪(公共端或参考点)
17	终端同步	31	接收就绪(公共端或参考点)
18	测试模式	32	备用选择
19	信号地	33	信号质量
20	接收公共端	34	新信号
21	空脚	35	终端定时(公共端或参考点)
22	发送数据(公共端或参考点)	36	备用指示器
23	发送时钟(公共端或参考点)	37	发送公共端
24	接收数据(公共端或参考点)		

表 9-4 RS449 连接器管脚功能(9 脚)

脚号	信号名称	脚号	信号名称
1	屏蔽	6	接收公共端(用于次信道)
2	次信道接收就绪	7	次信道发送请求
3	次信道发送数据	8	次信道发送就绪
4	次信道接收数据	9	发送公共端(用于次信道)
5	信号地		

RS449 可以不使用调制解调器,它比 RS232C 传输速率高,通信距离长,且由于 RS449 系统因为用平衡信号差电路传输高速信号,所以噪声低,又可以多点或者使用公用线通信,两台以上的设备可与 RS449 通信电缆并联。

2)RS422A 标准接口

RS422A 标准是 EIA 公布的“平衡电压数字接口电路的电气特性”标准,这个标准是为改善 RS232C 标准的电气特性,又考虑与 RS232C 兼容而制定的。

RS422A 文本给出对电缆、驱动器和接收器的要求,规定了双端电气接口型式,其标准是双端线传送信号。它具体通过传输线驱动器,把逻辑电平转换成电位差,完成始端的信息传送;通过传输线接收器,把电位差转变成逻辑电平,实现终端的信息接收。RS422A 比 RS232C 传输信号距离长,速度快,传输率最大为 10Mb/s,在此速率下电缆允许长度为 120mm。如果采用较低传输速率,如 90000b/s 时,最大距离可达 1200m。

RS422A 每个通道要用两条信号线,如果其中一条是逻辑“1”状态,另一条就为逻辑“0”。

RS422 电路由发送器、平衡连接电缆、电缆终端负载、接收器几部分组成。在电路中规定只许有一个发送器,可有多多个接收器,因此通常采用点对点通信方式。该标准允许驱

动器输出为 $\pm 2\text{V} \sim \pm 6\text{V}$,接收器可以检测到的输入信号电平可低到 200mV 。

3) RS423A 标准接口

RS423A 标准是 EIA 公布的“非平衡电压数字接口电路的电气特性”标准,这个标准是为改善 RS232C 标准的电气特性,又考虑与 RS232C 兼容而制定的。

RS422A 非平衡发送器和差分接收器,规定为单端线,而且与 RS232C 兼容,参考电平为地,要求正信号逻辑电平为 $200\text{mV} \sim 6\text{V}$,负信号逻辑电平为 $-200\text{mV} \sim -6\text{V}$,RS423A 驱动器在 90m 长的电缆上传送数据的最大速率为 100Kb/s ,若降低至 1000b/s ,则允许电缆长度为 1200m 。

4) RS485 标准接口

RS485 是 RS422A 的变型。RS422A 为全双工,可同时发送与接收;RS485 则为半双工,在某一时刻,一个发送另一个接收。当用于多站互联时,可节省信号线,便于高速远距离传送。许多智能仪器设备配有 RS485 总线接口,将它们联网十分方便。

RS485 是一种多发送器的电路标准,它扩展了 RS422A 的性能,允许双导线上一个发送器驱动 32 个负载设备。负载设备可以是被动发送器、接收器或收发器(发送器和接收器的组合)。

RS485 电路允许公用电话线通信。电路结构是在平衡连接电缆两端有终端电阻,在平衡电缆上挂发送器、接收器或收发器。RS485 标准没有规定在何时控制发送器发送或接收器接收数据的规则。电缆选择比 RS422A 更严格。

第二节 欧姆龙 PLC 通信系统简介

可编程控制器最初是以计算机的逻辑运算功能代替传统继电器而设计的小型工业控制机,但随着 PLC 应用数量的不断扩大,特别是由于 PLC 在控制的可靠性、实时性和重新编程的方便性等方面比传统继电器方法所无可比拟的优越性,其应用越来越广泛,其控制范围也随之扩大,并出现了用数据高速通道(DH)将众多 PLC 互联起来的较大控制系统,在 DH 上挂接在线的通用计算机,实现在线编程下载,同时监视过程状态,成为集中管理、分散控制的系统模式。近年越来越多厂家把专用的数据高速通道改为通用的网络,并逐渐将 PLC 之间的通信协议向通用网络通信靠拢,使 PLC 能和其他工业控制计算机系统和设备连接,以组成大型的控制系统。PLC 的网络通信成为 PLC 产品必备的功能之一。下面以欧姆龙 CPM1A 系列 PLC 为例,简要说明 CPM1A 与外部设备连接的方法。

一、HOST Link 通信

图 9-11 所示的是一台 CPM1A 与一台上位机通信时的连接方法,此时称为 1:1 HOST Link 通信方式。HOST Link 通信时,上位机发出指令信息给 PLC,PLC 返回响应信息给上位机。这时,上位机可以监视 PLC 的工作状态,例如可跟踪监测、进行故障报警、采集 PLC 控制系统中的某些数据等。还可以在线修改 PLC 的某些设定值和当前值,改写 PLC 的用户程序等。

CPM1A 系列 PLC 的主机设有 RS232C 串行通信端口,它是通过外设端口与上位机进行通信的。因此,在 1:1 HOST Link 通信方式下,CPM1A 需配置 RS232C 通信适配

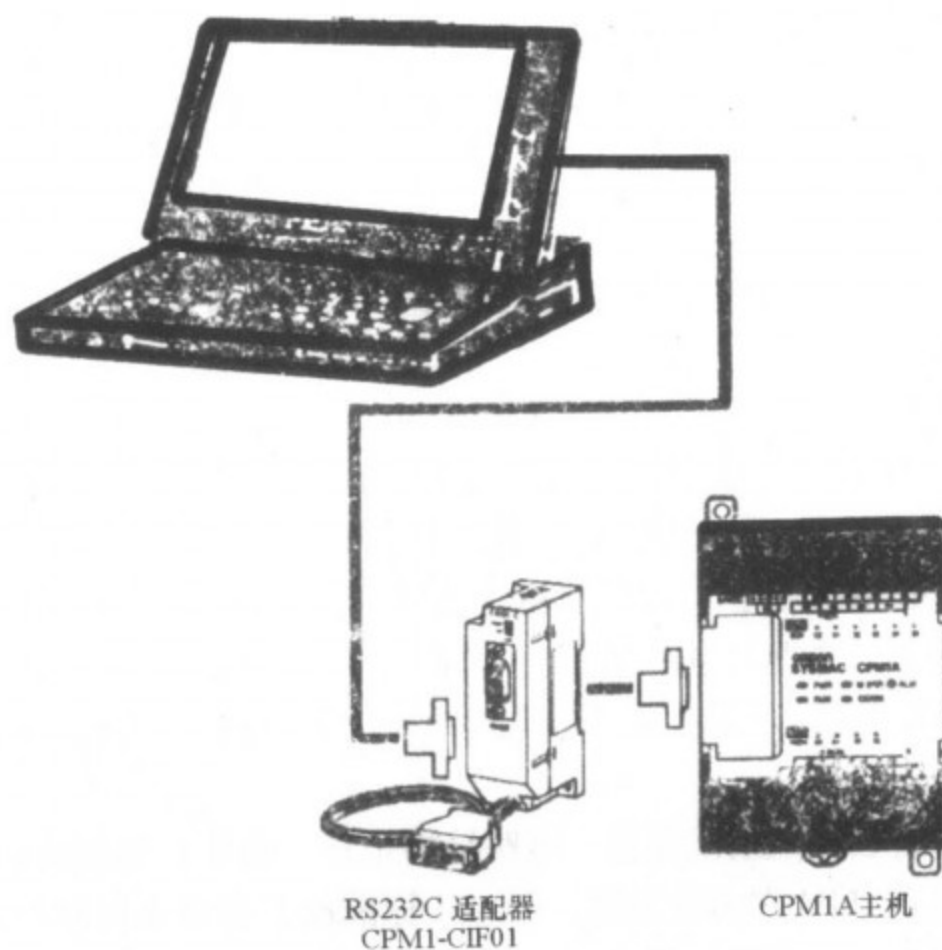


图 9-11 上位机与一台 PLC HOST Link 通信时的连接

器 CPM1-CIF01(其模式开关应设置在“HOST”)才能使用。

图 9-12 所示的是多台 PLC 与一台上位机通信的连接方法,此时称为 1 : N HOST Link 通信方式,一台上位机最多可以连接 32 台 PLC。利用 1 : N HOST Link 通信方式,可以用一台上位机监控多台 PLC 的工作状态,实现集散控制。

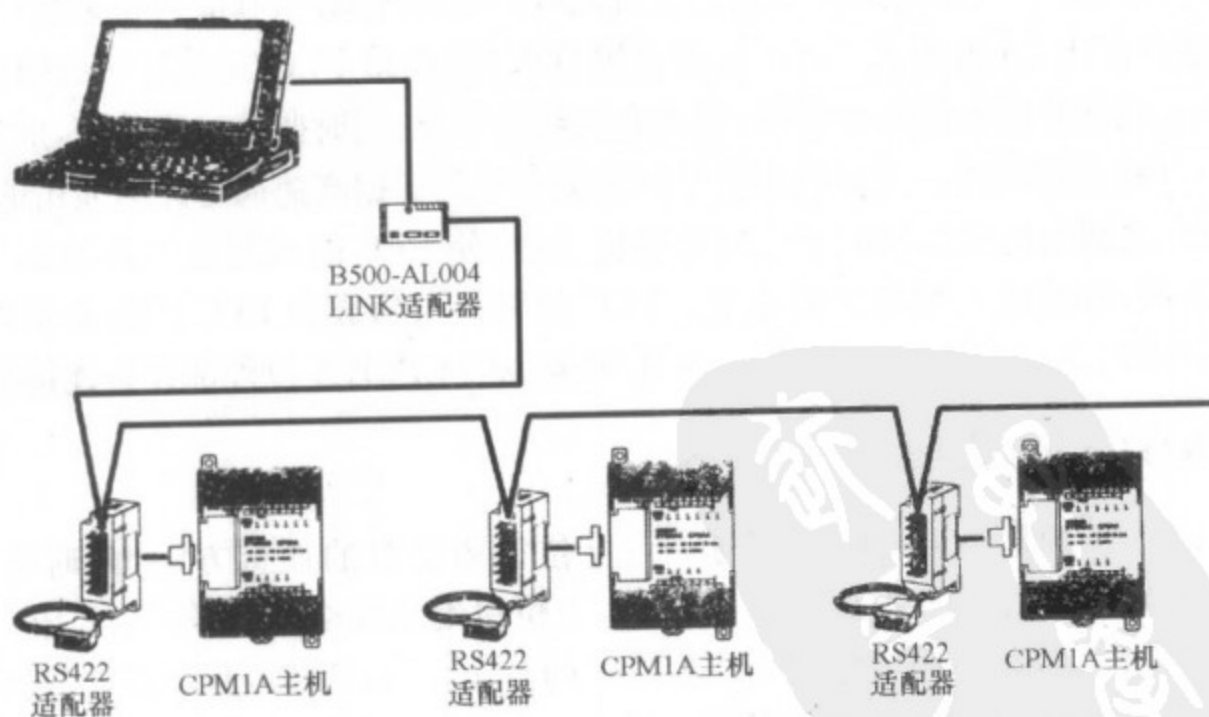


图 9-12 上位机与多台 PLC HOST Link 通信时的连接

在 1 : N HOST Link 通信方式下,上位机要通过链接适配器 B500-AL004 与 CPM1A 连接,每台 CPM1A 主机要在外设端口配一个 RS422 适配器。

二、NT Link 通信

CPM1A 系列 PLC 与本公司的可编程终端 PT 链接称为 NT Link 通信。图 9-13 为一台 CPM1A 通过 RS232C 通信适配器与欧姆龙的可编程终端 PT 进行 NT Link 通信时的连接方法。

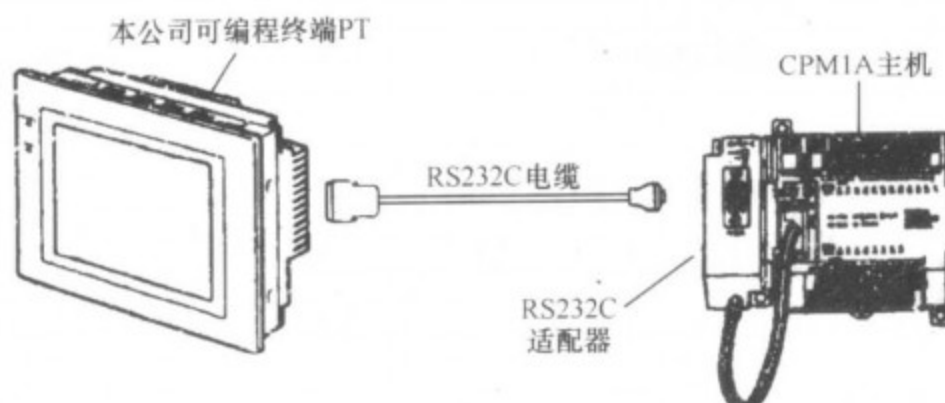


图 9-13 NT Link 通信时的连接

在专用软件的支持下,PT 强大的功能可以得到充分的发挥。它可以实时显示 PLC 的继电器区、数据区的内容及 PLC 的各种工作状态信息,并对 PLC 控制系统进行监控。例如,它可以棒图、灯和数据的形式显示 PLC 的各种数字信息,也可给出某些动态量随时间变化的趋势图;可进行多达几百甚至几千个画面的显示和切换,以反映 PLC 控制系统的运行状态;可通过功能键或触摸按钮向 PLC 输入数据,以改变 PLC 的某些设定值、当前值等。有的 PT 还可存储历史数据,需要时可以读出或打印输出。

欧姆龙公司推出各种规格的可编程终端功能强、价格低,已经引起业内人士的广泛关注。PT 有显示信息、输入数据的作用,不仅为 PLC 的控制系统提供了友好的人机界面,而且还可简化控制柜仪表的设计、节省部分 PLC 的 I/O 点数,因此 PT 将会得到越来越广泛的应用。

三、1 : 1 PLC Link 通信

两台 PLC 之间进行链接称为 1 : 1 PLC Link 通信。如两台 CPM1A 系列 PLC 之间,CPM1A 系列 PLC 与 CQM1、CPM1、SRM1 或 C200HX/HE/HG/HS 之间都可以进行 1 : 1 PLC Link 通信。

这种通信方式时,一个 PLC 作为主动单元,另一个作为从动单元。两台 PLC 通过 1 : 1 链接后,可利用 LR 区交换数据,实现信息共享。LR 区链接数据最多可达 256 位 (LR0000~LR1515)。

LR 区只有 16 个通道 (LR00~LR15),当 CPM1A 与其他 PLC 进行 1 : 1 链接时,也只能使用这 16 个通道。图 9-14 为两台 CPM1A 的 1 : 1 链接,每台 PLC 都要配置 RS232C 适配器。

四、CompoBus/S I/O 链接通信

当连接 CompoBus/S I/O 链接单元 CPM1A-SRT21 后,CPM1A PLC 可作为一个从单元接入 CompoBus/S 网,如图 9-15 所示。该链接单元允许主单元和 CPM1A 之间有 8

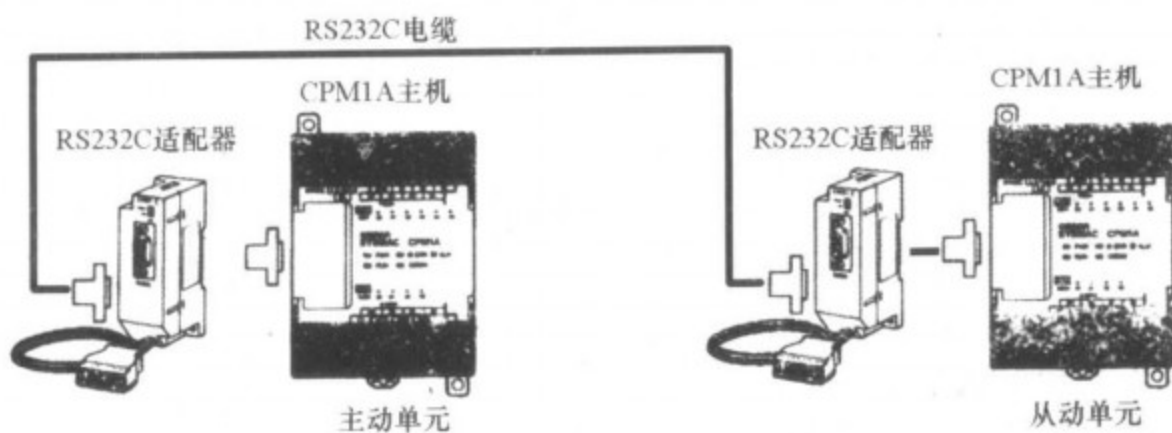


图 9-14 CPM1A 的 1 : 1 Link 通信

点输入和 8 点输出。虽然 CPM1A 最多能连接 3 个扩展单元,但其中只能有一个是 CompoBus/S 的 I/O 链接单元。

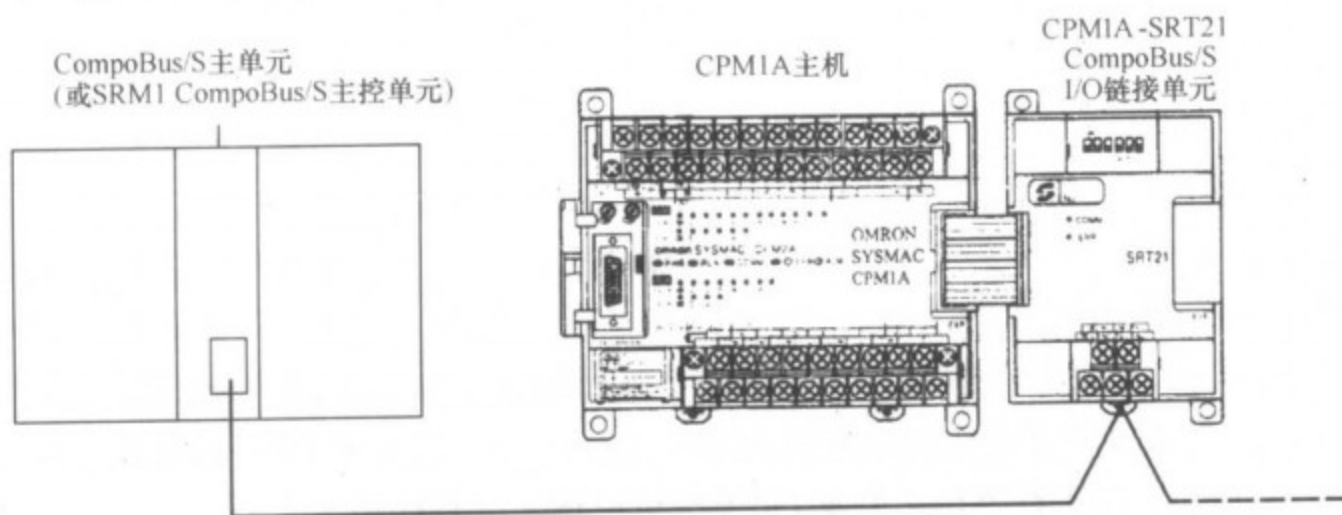


图 9-15 CPM1A 接入 CompoBus/S 网



参考文献

- [1] 宫淑贞,王冬青,徐世许. 可编程控制器原理及应用. 北京:人民邮电出版社,2002.
- [2] 程周. 可编程控制器技术与应用. 北京:电子工业出版社,2002.
- [3] 王红,王艳玲. 可编程控制器使用教程. 北京:电子工业出版社,2002.
- [4] 周万珍,高鸿斌. PLC 分析与设计应用. 北京:电子工业出版社,2004.
- [5] 求是科技. PLC 应用开发技术与工程实践. 北京:人民邮电出版社,2004.
- [6] 高钦和. 可编程控制器应用技术与设计实例. 北京:人民邮电出版社,2004.
- [7] 刘子林. 电机与电气控制. 北京:电子工业出版社,2003.
- [8] 贺哲荣. 实用机床电气控制线路故障维修. 北京:电子工业出版社,2003.
- [9] 徐建俊. 设备电气控制与维修. 北京:电子工业出版社,2002.
- [10] 郑凤翼,杨洪升,等. 怎样看电气控制电路图. 北京:人民邮电出版社,2004.
- [11] 牛金生. 电机与控制. 北京:电子工业出版社,2002.
- [12] 李发海,王岩. 电机与拖动基础. 北京:清华大学出版社,2002.
- [13] 邱阿瑞,孙旭东. 实用电动机控制. 北京:人民邮电出版社,1998.
- [14] 何希才,薛永毅. 电动机控制与维修技术. 北京:人民邮电出版社,1998.
- [15] 赵清,张玉茹. 小型电动机. 北京:电子工业出版社,2003.

